

Der  
Dampfkessel-Betrieb

von

E. Schlippe

---

Zweite Auflage

H

669

17.  
18.



Für die Bibliothek

1000

Leupoldstr.

Technische Staatslehranstalten

Bd. 19 SEP. 92

zu Chemnitz.

Der  
**Dampfkessel-Betrieb.**

Allgemeinverständlich dargestellt

von

**G. Schlippe,**

Königl. Gewerbe-Inspektor zu Chemnitz.

Mit zahlreichen in den Text gedruckten Abbildungen.

Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage.



Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1892.

175. 08. 92.

Technische Universität  
Chemnitz  
Universitätsbibliothek

WA

H668

.....  
Druck von G. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Herrn

Geheimen Rath Ed. Th. Böttcher,

Direktor der Abtheilung für Ackerbau, Gewerbe und Handel  
im Königl. Sächsischen Ministerium des Innern,  
stellvertretendem Bevollmächtigten zum Bundesrath 2c.,  
Inhaber hoher Orden,

in dankbarer Verehrung gewidmet

vom

Verfasser.

Friedrich Carl von Saxe-Weimar

Erstausgabe des Buches  
über die Geschichte der  
Landwirtschaft in  
Deutschland

1811

1811



## Vorwort zur ersten Auflage.

Die Fortschritte, welche in den letzten Jahrzehnten im Gebiete des Dampfkesselwesens gemacht worden sind, richteten ihr Augenmerk auf Dreierlei; man suchte sich Dampfkesselanlagen zu verschaffen, welche die Erzeugung hoch gespannter Dämpfe gestatten, eine weitgehende Sicherheit gegen Explosionsgefahren gewähren und endlich bei verhältnißmäßig reichlicher Dampferzeugung von der Heizkraft des Brennmaterials einen möglichst großen Theil nutzbar machen. Es darf wohl behauptet werden, daß in jeder dieser Richtungen von den Ingenieuren und Kesselfabriken ganz Bedeutendes geleistet worden ist, und die neueren Kesselanlagen auf einer sehr hohen Stufe der Vollkommenheit angelangt sind; ist es doch gelungen, bis zu 80 Prozent der im Brennmaterial aufgespeicherten Wärme zur Dampferzeugung heranzuziehen und die unvermeidlichen Wärmeverluste auf 20 Prozent herabzudrücken.

Die erstrebten Ziele voll zu erreichen, bedarf es indessen nicht ausschließlich des Scharffinnes des Ingenieurs, welcher die Kesselanlage in allen ihren Theilen zu schaffen hat; denn sollen insbesondere die Erfolge in der angedeuteten, möglichst besten Ausnutzung der Wärme gesicherte sein, so muß der Betrieb in geübte und fachverständige Hände gelegt werden, oder mit anderen Worten, die Anlage muß von einem tüchtigen, auf die Absichten des Ingenieurs eingehenden, verständigen Heizer bedient werden. In dieser Beziehung mangelt es aber leider oft sehr, und hieran liegt es auch, daß so manche der neueren, eine gute Verbrennung ergebenden und die Bildung von Ruß und Rauch verhütenden Feuerungsanlagen an dem einen Orte zu den besten Resultaten führte, während sie am anderen Orte nicht aufkommen konnte und bald wieder verschwand; man hatte sie eben

einem Heizer anvertraut, der sie nicht zu behandeln verstand. Allerdings blieb der Erfolg einer solchen Feuerungsanlage auch manchmal aus dem einfachen Grunde aus, weil man von ihr Unmögliches verlangte.

Bis zu welchem Maße aber die Sparsamkeit des Betriebes von der Sachkenntniß und der Geschicklichkeit des Heizers abhängt, davon legen die Ergebnisse von sogenannten Wettheizversuchen recht beredtes Zeugniß ab.

Im Jahre 1885 nahm der um das Dampfkesselwesen hochverdiente, leider zu früh verstorbene Direktor Weinlig des Magdeburger Dampfkessel-Revisionsvereines eine Reihe derartiger Versuche mit 11 geübten Heizern vor; durch die Zusicherung von Geldprämien wurden diese Heizer zu möglichst bester Leistung angespornt. Den Heizern war nun zwar ihre Arbeit durch einen zu groß angelegten Kofst absichtlich erschwert worden; immerhin ist es aber doch recht wunderbar, daß der beste Heizer mit einem kg Steinkohle 6,89 kg Wasser in Dampf verwandelte, während es der schlechteste nur auf 4,00 kg brachte.

Inzwischen haben auch neuere Wettheizversuche erwiesen, daß sich in den Leistungen der besten Heizer an guten Anlagen noch Unterschiede bis zu 20 Prozent zeigen.

Weinlig sagt daher mit Recht\*): „Wenn solche ungeheuerere Unterschiede schon bei Wettheizversuchen entstehen, bei denen das Streben der Heizer, der erste zu sein und den Preis zu verdienen, aufs Höchste angeregt ist, was mag dann in der großen Praxis vorkommen, wo Trägheit und Schlendrian die Bewartung leiten, und wo weder Besitzer noch Heizer wissen, was die Kesselanlage leisten könnte und müßte? Was hilft dem Ingenieur das Konstruiren und Erfinden guter Feuerungsanlagen, was hilft es ihm, wenn er die Fehler einer Anlage findet und die großen Mängel der Bewartung aufdeckt? Ohne Heizer, welche seine Absichten verstehen und befolgen können, bleibt eben Alles nur ein guter Rath. So gipfelt die ganze Sache in dem einen Hauptpunkte, daß die ordentliche Ausbildung

\*) Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1886, Seite 124.

von Dampfkesselheizern mit allen Mitteln erstebt werden muß, wenn man die Erfolge der Verbesserung der Feuerungsanlagen genießen und die günstigste Ausnutzung der Kohle erzielen will. Bedenkt man, welcher Gewinn dadurch für den Kesselbesitzer, für das Nationalvermögen, und welcher Fortschritt für die Sicherheit des Betriebes erzielt wird, so sollte der Entschluß nicht schwer fallen können.“

Das vorliegende Werk soll nun auch sein Scherflein zur Förderung der auf dieses Ziel gerichteten Bestrebungen beitragen; aber nicht nur dem Heizer, sondern auch dem Kesselbesitzer will es Belehrung und Auskunft über das Wesen einer zweckmäßigen Dampfkesselanlage und einen regelrechten Betrieb derselben bieten.

Das Buch lehnt sich an eine Reihe von Vorträgen, welche vom Verfasser mehrfach in einer der von dem Königlich Sächsischen Ministerium des Innern angeordneten Heizerschulen gehalten wurden, und behandelt zunächst die Vorgänge, welche sich bei der Verdampfung des Wassers, der Verbrennung des Brennmaterials und der Dampferzeugung durch Dampfkessel abspielen; im Sinne der Weinlig'schen Ausführungen ist aber den Verbrennungsvorgängen und der eigentlichen Kunst des sparsamen und möglichst rauchfreien Heizens eine größere Aufmerksamkeit zugewendet, und sind diese Dinge in ausführlicherer Weise besprochen worden, als dies in Büchern der gleichen Art bisher üblich war. Es werden hierauf die Einrichtung und die Bedienung der Dampfkessel sowie deren Sicherheitsvorrichtungen in eingehender Weise erörtert. In einem besonderen Abschnitt gelangen endlich die bei der Beschaffung einer Dampfkesselanlage zu berücksichtigenden Gesichtspunkte, die Inbetriebsetzung, der regelmäßige, sichere Betrieb der Dampfkessel und die Kesselexplosionen, sowie deren Ursachen und Verhütung zur Besprechung.

Ein Augenmerk glaubte der Verfasser darauf richten zu müssen, den zu behandelnden Stoff in einer möglichst klaren, auch dem weniger Vorgebildeten verständlichen Weise zur Darstellung zu bringen; aus diesem Grunde ist auch jede mathematische Formel, als etwas dem größeren Theil der am Dampfkesselbetrieb Betheiligten Unverständlichbleibendes, vermieden worden.

Möchte es dem Verfasser gelungen sein, die ihm vorschwebenden

Aufgaben zu lösen! Den Herren Kesselbesitzern und Betriebsleitern aber sei das Werk mit Rücksicht auf die aus den Anregungen desselben sich ergebenden Betriebssparnisse und Vortheile zur Anschaffung für ihre Werkmeister, Maschinisten und Heizer angelegentlich empfohlen.

Berlin, im Oktober 1889.

Der Verfasser.

### Vorwort zur zweiten Auflage.

Das durchweg zustimmende Urtheil der Fachmänner und das Nothwendigwerden einer zweiten Auflage ermutigen zu der Annahme, daß das vorliegende Werkchen den rechten Weg genommen hat und einem Bedürfniß begegnet ist; immerhin konnte es sich der Verfasser nicht versagen, das Buch vor seinem Neudruck einer gründlichen Umarbeitung zu unterwerfen.

In erster Linie wurde die Eintheilung des Stoffes verbessert; dann aber erfuhr der Inhalt eine nicht unwesentliche Erweiterung unter Zuhilfenahme einer Anzahl neuer Abbildungen. Der hierzu erforderliche Raum ließ sich durch den Wegfall der Sächsischen Ausführungsverordnung gewinnen, während zugleich an die Stelle der Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 29. Mai 1871 diejenige vom 5. August 1890 trat. Endlich wurde ein Sachregister beigelegt, welches von erheblichem Nutzen sein dürfte.

Möge auch die zweite Auflage des Buches eine freundliche Aufnahme finden!

Für wohlwollende Unterstützung des Werkes durch Zuschriften und Ueberlassung von Zeichnungen den verehrten Gönnern und Freunden aber den verbindlichsten Dank!

Chemnitz, im Juni 1892.

Der Verfasser.



## Inhaltsübersicht.

Erster Abschnitt.	Seite
<b>Die Wärme und die Verdampfung des Wassers . . .</b>	<b>1-17</b>
Das Wesen der Wärme; Temperatur 1. Uebertragung der Wärme durch Leitung und Strahlung 2; Wärmequellen 3. — Die drei Wirkungen der Wärme: 1. Die Ausdehnung der Körper (Messung der Temperatur, das Thermometer) 3. — 2. Die Erhöhung der Temperatur (Messung der Wärmemenge, Wärmeeinheit oder Calorie, specifische Wärme) 5. — 3. Die Aenderung des Körperzustandes 6 (Schmelzen des Eises, Sieden des Wassers 7; Messung des Druckes, Luftdruck, Barometer 8, Atmosphärendruck, Ueberdruck 11; Siedepunkt-tabelle des Wassers 12; Flüssigkeitswärme, Verdampfungswärme und Gesamtwärme; Wasserdampftabelle 13; gesättigter und überhitzter Wasserdampf, Sättigung des Dampfes 14).	
Zweiter Abschnitt.	
<b>Die Brennmaterialien und ihre Verbrennung . . .</b>	<b>18-32</b>
Die gebräuchlichen Brennmaterialien 18; ihre Zusammensetzung 20. — Die Verbrennung der Körper; die Entzündungstemperatur 21. — Die unvollständige und vollständige Verbrennung des Kohlenstoffes, die Verbrennung des Wasserstoffes; die Verbrennungswärmen des Kohlenstoffes und des Wasserstoffes 22. — Die erforderlichen theoretischen Luftmengen 23; die Verbrennungstemperatur 25. Der Einfluß des Luftüberschusses auf die Ausnutzung der Wärme 26. — Der Hauptsatz von der Verbrennung 27. — Das Verhalten der Brennmaterialien bei ihrer Verbrennung. Die Verbrennung der aus dem frischen Brennmaterial sich entwickelnden Gase 28; die Verbrennung des entgasteten Brennmaterials 30. Die Zusammensetzung der dem Schornstein entströmenden Gase 31. — Die Heizkraft der Brennmaterialien; freier und gebundener Wasserstoff 31.	
Dritter Abschnitt.	
<b>Das sparsame und rauchfreie Heizen . . . . .</b>	<b>33-47</b>
Die Entwicklung der Regeln für das sparsame und rauchfreie Heizen: 1. Die Vorbereitung des Brennmaterials (geeignete Stückgröße) 33. — 2. Die Unter-	

haltung der Brennmaterialschicht 34. — 3. Das Heizen nach dem Dampfverbrauch (Zusammenhang zwischen Luftmenge, Schichthöhe und Krostflächengröße) 35. — 4. Der Einfluß der Verschlackung auf die Schichthöhe 41. — 5. Die Zuführung des frischen Brennmateriales 41. — 6. Die niederbrennende Schicht 44. — 7. Das Schüren und Abschlacken 44. — Zusammenstellung der Regeln 45. — Die Gewährung von Kohlenprämien; ein Wettheizversuch 47.

#### Vierter Abschnitt.

### Die Erzeugung des Dampfes im Dampfkesselbetrieb . . . . . 48-58

Der Zweck des Dampfkesselbetriebes. — Die Heizfläche des Kessels 48. Der Uebergang der Wärme von den Heizgasen an die Kesselwandungen und den Wasserinhalt (der Gegenstrom) 49; die Wichtigkeit der Heizflächengröße, die Beziehungen zwischen Heizfläche und Verdampfung 51. Der Einfluß des Dampfdruckes 54. — Die Abführung der Heizgase 54. — Die Ausnutzung der Heizkraft der Brennmateriale (Einfluß des Wassergehaltes; das Rässen des Brennmateriales) 55; die theoretische und die wirkliche Verdampfung 56. — Die Ermittlung des geeignetesten Brennmateriales; der Preis des Dampfes 57.

#### Fünfter Abschnitt.

### Die Herstellung der Dampfkessel . . . . . 59-74

Die Form der Dampfkessel 59. — Das Material 61. — Der Bau 62 (Blechstärke 62, Nietungen 64, Verankerung und Versteifung ebener Kesselwandungen 67, Versteifung der Flammenrohre 69, Befestigung der Heizröhren 73). — Die Druckprobe des Kessels 74.

#### Sechster Abschnitt.

### Die Feuerungsanlagen der Dampfkessel . . . . . 75-125

Die drei Haupttheile der Feuerungsanlagen 76: A. Der Feuerraum: Die Form des Feuerraumes (Unterfeuerung, Vorfeuerung und Innenfeuerung; Planroste, Treppenroste) 76. Die Größe des Feuerraumes (Krostgröße und Höhe des Feuerraumes) 77. Der Aschenraum 79. Die Erfordernisse des Feuerraumes 80. — 1. Die Planrostfeuerung 81. — 2. Die Treppenrostfeuerung 88. — 3. Die rauchfreien Feuerungen 93: a) Einrichtungen, bei welchen das frische Brennmaterial über die ganze Krostfläche vertheilt wird 94: (sekundäre Luft 94, Fairbairn's Doppelrost 95, Leach's Feuerung 96; der umgekehrte Planrost 97, der Langen'sche Stufenrost 97, Smith's Helixrost 98). — b) Einrichtungen, bei welchen das frische Brennmaterial stets einer bestimmten Stelle des Krostes zugeführt wird 99: Am vorderen Krostende: Mit vorgehender Flamme (der Kettenrost 100, mechanische Roste 100); mit rück-

kehrender Flamme (Adam's Feuerung 100, die Tenbrink-Feuerung 102, der Münchener Stufenrost 104); mit einhüllender Flamme (die Feuerungen von Wilmsmann und Bölcker 104; der Schults'sche Schneckenrost 105; die Donneley-Feuerung 107). Auf die Länge des Rostes: Feuerungen von Heiser und Fränkel & Co., Cario und Haage, Duméry 109. — 4. Die Gasfeuerungen 110. — B. Die Feuerzüge 113 (der Oberzug 116). — C. Der Schornstein und die künstliche Zugerzeugung 121.

### Siebenter Abschnitt.

#### Die wichtigsten Bauarten der Dampfkessel . . . . . 126-168

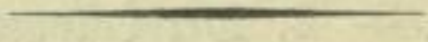
Die an einen Dampfkessel zu stellenden Anforderungen: Reichliche Dampfwentwicklung 127; gleichmäßiger Dampfdruck 127, Reinheit (Trockenheit) des erzeugten Dampfes 128; rasches und billiges Anheizen 129; Sicherheit gegen Explosionsgefahren 130; bequeme Reinigung des Kessels 131; mäßiges Gewicht und geringer Raumbedarf 131; leichte Herstellbarkeit und Billigkeit 131. — A. Die feststehenden Dampfkessel 132: 1. Der Walzen- oder Cylinderkessel 132. — 2. Der Siederohrkessel 135. — 3. Der Flammenrohrkessel 139. — 4. Der Heizröhrenkessel 144. — 5. Der zusammengesetzte Kessel 147. — 6. Der Wasserröhrenkessel 150. — B. Die halb beweglichen Dampfkessel 156: 1. Der Feuerbüchsenkessel mit Siederöhren 157. — 2. Der Feuerbüchsenkessel mit Heizröhren 159. — C. Die beweglichen Dampfkessel 161: 1. Der Lokomotivkessel 161. — 2. Der Lokomobilkessel 163. — 3. Der Schiffskessel 165.

### Achter Abschnitt.

#### Die Ausrüstung der Dampfkessel . . . . . 169-230

Die an die Ausrüstung der Dampfkessel zu stellenden Anforderungen 169. — A. Die gesetzlichen Sicherheitsvorrichtungen 169: 1. Die Wasserstandszeiger 170: Die Probirhähne 170, das Wasserstandsglas 172 (der Schwadt'sche Wasserstandszeiger 177), der Schwimmerzeiger 179. — 2. Die Druckmesser (Manometer) 181: Das Quecksilbermanometer 182, das Federmanometer 185. — 3. Die Sicherheitsventile 188: Das Ventil mit Gewichtsbelastung 190, das Ventil mit Federbelastung 192. — 4. Die Speisevorrichtungen 197: Die Rücklaufvorrichtung 198, die Kolbenspeisepumpe 199, die Dampfstrahlpumpe (Injektor) 203, die selbstthätigen Speisevorrichtungen 210, das Speiseventil 217. — B. Sonstige Vorrichtungen 219: 1. Sicherheitsvorrichtungen 219: Der Speiserufer 219, elektrische Lärmvorrichtungen 221. — 2. Hilfsvorrichtungen: Der Speisewasser-Vorwärmer 225, die Messung des Speisewassers 226, das Dampfabsperrentil 227, die Dampfspfeifen 228; das Ablassventil 228, das Mannloch und die Reinigungsöffnungen 229.

Neunter Abschnitt.	Seite
<b>Die Beschaffung, Inbetriebsetzung und der regelmäßige Betrieb eines Dampfkessels; die Unterbrechungen des Betriebes und die Kesselexplosionen . . .</b>	231-255
<p>Die Beschaffung eines Dampfkessels 231: Wahl des Druckes 231, Ermittlung der Größe der Anlage 232, Wahl der Kesselbauart 232, Bestimmung der Heizflächengröße 234; Wahl der Art und Größe der Feuerungsanlage 234; der Kesselraum 236. — Die Einholung der behördlichen Genehmigung 237. — Die Anstellung eines Heizers 238. — Die Inbetriebsetzung des Kessels 240. — Der regelmäßige Betrieb 241. — Die Unterbrechungen des Betriebes 243: Die Beimengungen und Ausscheidungen des Speisewassers 244, die Reinigung des Wassers 248, die Reinigung des Kessels 249; längere Betriebseinstellungen 250; gefährliche Zustände 251. Die Kesselexplosionen, ihre Ursachen und Verhütung 252.</p>	
Zehnter Abschnitt.	
<b>Bekanntmachung, betreffend allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln vom 5. August 1890 . . . . .</b>	256-262





## Erster Abschnitt.

### Die Wärme und die Verdampfung des Wassers.

Inhalt: Das Wesen der Wärme; Temperatur. Uebertragung der Wärme durch Leitung und Strahlung; Wärmequellen. — Die drei Wirkungen der Wärme: 1. Die Ausdehnung der Körper (Messung der Temperatur, das Thermometer). 2. Die Erhöhung der Temperatur (Messung der Wärmemenge, Wärmeeinheit oder Calorie, spezifische Wärme). 3. Die Aenderung des Körperzustandes (Schmelzen des Eises, Sieden des Wassers; Messung des Druckes, Luftdruck, Barometer, Atmosphärendruck, Ueberdruck; Siedepunkttafel des Wassers; Flüssigkeitswärme, Verdampfungswärme und Gesamtwärme; Wasserdampftabelle; gesättigter und überhitzter Wasserdampf, Sättigung des Dampfes).

Die Wärme, welche früher für einen besonderen Stoff gehalten wurde, ist eine Naturkraft und verursacht, wie die Physik lehrt, einen bewegten Zustand aller der denkbar kleinsten Theilchen des erwärmten Körpers. Die Bewegungen dieser Theilchen sind außerordentlich kleine und ungeheuer schnelle; sie können deshalb mit unsern Sinnen nicht wahrgenommen werden. Man stellt sich diese Bewegungen derart vor, daß jedes Körpertheilchen sich auf ein benachbartes, ihm entgegenkommendes zu bewegt, auf dieses stößt, von demselben zurückprallt, wieder auf ein anderes stößt u. s. f. Alle Theilchen des Körpers befinden sich demnach in lebhaftester, ununterbrochen hin und her schwingender, zitternder Bewegung. Ob der Körper ein fester, ein flüssiger oder ein gasförmiger ist, ändert an dieser Anschauung nichts; die Wärme, welche irgend einem Körper innewohnt, veranlaßt immer Bewegungserrscheinungen der eben geschilderten Art. Je mehr ein Körper Wärme aufgenommen hat, um so heftiger sind diese Bewegungen, auf einer um so höheren Wärmestufe befindet sich der Körper, oder um so höher ist seine Temperatur.

Wird ein Körper von hoher Temperatur mit einem Körper von niedriger Temperatur in Berührung gebracht, so geht von dem ersteren Wärme an den zweiten über; die Bewegungen der Theilchen

des ersteren nehmen von ihrer Heftigkeit ab, die des zweiten nehmen an Lebhaftigkeit zu. Es hat in diesem Falle eine Wärmeübertragung durch Leitung stattgefunden. Je rascher dieser Wärmeübergang erfolgt, ein um so besserer Wärmeleiter ist der wärmeaufnehmende Körper. Zu den guten Wärmeleitern gehören alle Metalle; zu den schlechten die Luft, Sand, Asche und andere.

Aber auch auf eine zweite Art geht Wärme von einem heißen Körper an einen kälteren über, nämlich durch Strahlung; dabei können die beiden Körper, der wärmeabgebende und der wärmeaufnehmende, beliebig weit von einander entfernt sein. Die Uebertragung durch Strahlung erfolgt blitzschnell, in geradlinigen Strahlen, nach allen Richtungen, auch durch andere Körper hindurch.

Von dem Unterschiede der beiden Arten des Wärmeüberganges erhält man einen recht überzeugenden Beweis, wenn man die Hand einem glühenden Stück Eisen nähert. Je näher man dem Eisen kommt, um so mehr Wärmestrahlen treffen die Hand, und ein um so heißeres Gefühl empfindet man. Die der Hand mitgetheilte Wärme heißt strahlende Wärme und gelangt auch durch die Luft, einen schlechten Wärmeleiter hindurch, zur Hand. Erst von dem Augenblicke an, in welchem man das Eisen berührt, geht an die Hand auch Wärme durch Leitung über. Die auf diese Weise an die Hand abgegebene Wärme, welche übrigens wegen der hohen Temperatur des Eisens das Gefühl des Schmerzes erzeugen wird, nennt man leitende Wärme.

Um den Vorgang der Strahlung zu erklären, nimmt man an, daß der ganze Weltraum mit einem überaus feinen, unsichtbaren, alle Körper durchdringenden Stoffe, dem sogenannten Aether, erfüllt ist. Dieser Stoff vermittelt und überträgt die Bewegungen der Theilchen des wärmeausstrahlenden Körpers an den wärmeaufnehmenden, indem er selbst an diesen Bewegungen Theil nimmt und dieselben fortpflanzt. So ist es denn der Sonne auch nur durch die Beihilfe des Aethers möglich, der Erde, trotz ihrer 20 Millionen Meilen betragenden Entfernung, ununterbrochen so gewaltige Mengen von Wärme durch Strahlung zuzusenden.

Das in seinem Wesen der Wärme völlig gleiche und sich von derselben nur durch eine größere Schnelligkeit der Schwingungen unterscheidende Licht wird auf die gleiche Weise von einem lichtausstrahlenden Körper anderen Körpern mitgetheilt. Diese Körper strahlen hierauf das empfangene Licht zum Theile wieder nach allen Seiten aus; durch die unser Auge treffenden Strahlen aber werden uns die Körper, welche demnach entweder eigenes Licht ausstrahlen oder fremdes zurückwerfen, erst sichtbar.

Eine Hauptquelle der Wärme ist die Sonne. Es kann aber auch Wärme auf künstlichem Wege erzeugt werden. Hierbei kommen in erster Reihe die chemischen Vorgänge, namentlich die später noch eingehend zu besprechende Verbrennung der Körper, in Betracht; es ist ferner bekannt, daß eine starke Erhitzung eintritt, wenn man Schwefelsäure mit Wasser mischt, oder frisch gebrannten Kalk mit Wasser übergießt. Weiter wird unter Umständen die mechanische Arbeit in Wärme verwandelt; so entsteht bei dem sogenannten Warmlaufen der Maschinen aus der mechanischen Arbeit durch Reibung Wärme; auch erwärmen sich die Metalle bei dem Hämmern, Bohren und sonstigen Bearbeiten stark. Ferner erzeugt der elektrische Strom Wärme; er erwärmt die Leitungsdrähte oder bringt in den elektrischen Lampen Kohle zum lebhaftesten Glühen. Endlich wird auch Wärme entwickelt durch den Lebensprozeß des Menschen, der Thiere und Pflanzen.

Führt man einem Körper Wärme zu, so wird Folgendes bewirkt:

1. Der Körper wird ausgedehnt, sein Rauminhalt oder sein Volumen wird vergrößert;
2. seine Temperatur wird erhöht;
3. bei genügend großer Wärmezufuhr wird auch sein Körperzustand oder Aggregatzustand verändert, d. h. der feste Zustand des Körpers geht in den flüssigen und dieser in den dampf- oder gasförmigen über.

Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, daß man unter Dampf die luftartige Form eines Körpers versteht, welcher bei gewöhnlichem Luftdruck und gewöhnlicher Temperatur entweder ein flüssiger oder ein fester ist, während man als Gase solche Luftarten bezeichnet, die unter diesen Verhältnissen stets luftartige sind.

Die zuerst genannte Wirkung der Wärme, die Ausdehnung der Körper, äußert sich bei den festen und flüssigen Körpern mit großer Gewalt; bei den Gasen und Dämpfen führt sie, wenn sich dieselben während der Erwärmung in einem geschlossenen Raume befinden, zu einer Vermehrung des in dem Raume herrschenden Druckes.

Diese Wirkung der Wärme wird nun auch dazu benutzt, die Temperatur der Körper selbst zu messen; das hierzu dienende Instrument heißt Thermometer. Dasselbe besteht gewöhnlich aus einem kleinen Glasgefäß, welches meistens die Form einer Kugel besitzt und sich nach oben in ein feines Glasröhrchen fortsetzt (siehe Figur 1). Das Gefäß und der untere Theil des Röhrchens sind mit Quecksilber oder gefärbtem Alkohol gefüllt; der obere Theil des

Röhrchens aber ist luftleer und zugeschmolzen, damit die Füllung nicht von der Luft verändert wird oder verdunstet.

Jede Erwärmung dehnt die Quecksilber- oder Alkoholfüllung des Thermometers aus und bringt den Spiegel derselben im Glasröhrchen, da das Glasgefäß selbst seinen Rauminhalt nur in äußerst geringem Maße vergrößert, zum Steigen; jede Wärmeentziehung verursacht dagegen ein Sinken des Spiegels.

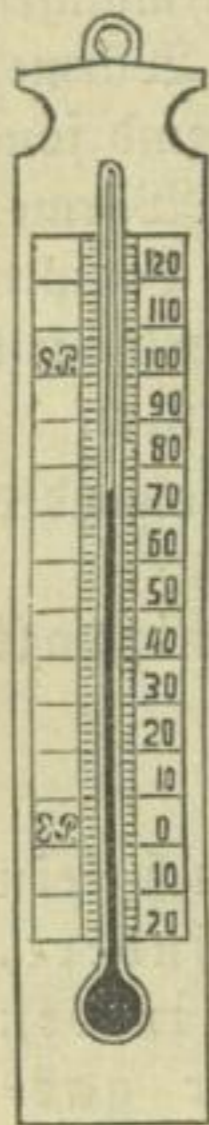


Fig. 1.

Um einen Maßstab oder eine Eintheilung für das Thermometer zu gewinnen, ist es nothwendig, an demselben zwei feste Temperaturpunkte zu ermitteln. Man benutzt hierzu den Schmelzpunkt des Eises und den Siedepunkt des Wassers und steckt zu diesem Zweck sehr einfach das Thermometer ein Mal in schmelzendes Eis oder schmelzenden Schnee und das andere Mal in siedendes Wasser oder in die Dämpfe desselben. Beide Male wird der Spiegel des Quecksilbers im Glasröhrchen ganz bestimmte Punkte einnehmen. Diese beiden Punkte, kurzweg Eis- oder Schmelzpunkt und Siedepunkt genannt, merkt man sich nun genau hinter dem Glasröhrchen durch wagerechte Striche an.

Die Entfernung zwischen dem Eispunkt und dem Siedepunkt wird verschieden eingetheilt. Bei der Eintheilung nach Celsius, welche die bei allen wissenschaftlichen Untersuchungen allein im Gebrauche befindliche ist, wird der Eispunkt mit der Zahl 0 und der Siedepunkt mit der Zahl 100 bezeichnet, und der Raum zwischen beiden Punkten in 100 gleiche Theile oder Grade eingetheilt. Bei dem Thermometer nach Reaumur (sprich Reomür) befindet sich die 0 ebenfalls auf dem Eispunkte, auf dem Siedepunkte aber der 80. Grad; demnach wird hier die Entfernung zwischen Eispunkt und Siedepunkt in 80 Theile getheilt. Ein Grad Reaumur ist mithin größer als ein Grad Celsius; sie verhalten sich ihrer Größe nach zu einander wie 5 : 4. So sind z. B. 20 Grad, oder wie man schreibt:  $20^{\circ}$  nach Celsius, gleich 16 Grad ( $16^{\circ}$ ) nach Reaumur. Eine dritte Art der Eintheilung des Thermometers ist die nach Fahrenheit, welche in England und Amerika gebräuchlich ist; bei dieser steht auf dem Eispunkte die Zahl 32 und auf dem Siedepunkte die Zahl 212; zwischen beiden Punkten liegen sonach 180 gleiche Theile oder Grade.

Die Eintheilung der Thermometer wird über den Eispunkt und den Siedepunkt nach unten und oben weiter fortgesetzt; die Grade über dem  $0^{\circ}$  bezeichnet man mit dem Zeichen + (plus), diejenigen

unterhalb des 0 Grades mit dem Zeichen — (minus). Im gewöhnlichen Leben nennt man die ersteren auch Wärmegrade, die letzteren Kältegrade. Endlich ist es gebräuchlich die Temperaturbezeichnung in der leichtverständlichen Weise abzukürzen, daß man z. B. unter  $+ 16^{\circ} \text{C}$  16 Wärmegrade nach Celsius, unter  $- 5^{\circ} \text{R}$  5 Kältegrade nach Reaumur und unter  $+ 112^{\circ} \text{F}$  112 Wärmegrade nach Fahrenheit versteht.

Zur Messung höherer Temperaturen kann man das Quecksilber- und Alkoholthermometer nicht mehr verwenden; man benutzt dann Metallthermometer, bei welchen die durch die Wärme bewirkte Ausdehnung von Metallstäben die Messung der Temperatur ermöglicht. Sehr hohe Temperaturen aber mißt man mit sogenannten Pyrometern, welche in sehr verschiedener Weise hergestellt werden. Es kann indessen auf diese Instrumente hier nicht näher eingegangen werden und ist nunmehr zur zweiten Wirkung der Wärme überzugehen.

Die zweite Wirkung der Zuführung von Wärme an einen Körper besteht in der Erhöhung seiner Temperatur. Es ist natürlich wichtig, zu wissen, wie groß diese Temperaturerhöhung ist, oder um wie viele Grade die Temperatur eines Körpers zunimmt, wenn man ihm ein gewisses Maß von Wärme zuführt.

Die Physik lehrt, daß die Größe der Temperaturzunahme von drei Dingen abhängt: Erstens hängt sie ab von dem Gewichte des wärmeaufnehmenden Körpers; ein doppelt so schwerer Körper wird durch dieselbe Wärmemenge nur eine halb so große Temperaturzunahme erfahren, wie der einfache gleichartige Körper, weil sich die zugeführte Wärme auf eine doppelt so große Körpermenge vertheilen muß. Zweitens wird die Temperaturzunahme abhängig sein von der Natur des wärmeaufnehmenden Körpers; das heißt, dieselbe Wärmemenge wird eine wesentlich verschiedene Temperaturerhöhung herbeiführen, je nachdem man sie z. B. einer 30 kg schweren Wassermasse oder einem 30 kg schweren Eisenblocke zuführt. Drittens aber wird selbstverständlich die Temperatur eines Körpers auch nur in demselben Maße zunehmen, in welchem man ihm Wärme zuführt, d. h. die Temperaturerhöhung ist unmittelbar abhängig von der Menge der zugeführten Wärme.

Ein sehr wichtiger bei diesen Erörterungen auftretender Begriff ist die Wärmemenge; es wird also nunmehr auch die Wärme ihrer Menge nach zu bestimmen oder zu messen sein. Hierzu braucht man aber eine Maßeinheit; man benutzt als solche die Wärmeeinheit oder Calorie und versteht unter derselben diejenige Wärmemenge, welche, einem Kilogramm

Wasser zugeführt, dessen Temperatur um einen Grad Celsius erhöht. Dieses Maß, die Wärmeeinheit, ist nun ein außerordentlich wichtiges, wie sich weiterhin zeigen wird.

Zunächst ist es jetzt leicht, beispielsweise die Wärmemenge anzugeben, welche dazu gehört, um eine 15 kg schwere Wassermasse von  $10^{\circ}$  auf  $30^{\circ}$ , also um  $20^{\circ}$  C zu erwärmen. Die hierzu erforderliche Wärmemenge berechnet sich zu  $15 \times 20$ , das sind 300 Wärmeeinheiten. Umgekehrt kann man aber auch leicht die durch Zuführung einer bestimmten Wärmemenge hervorgerufene Temperaturerhöhung des Wassers berechnen; hat man zum Beispiel 10 kg Wasser in einem Gefäße, und führt man diesem Wasser 150 Wärmeeinheiten zu, so wird jedem Kilogramm des Wassers eine Wärmemenge von  $\frac{150}{10} = 15$  Wärmeeinheiten zugeführt und mithin die Temperatur desselben um  $15^{\circ}$  C. erhöht.

Für jeden anderen Körper ist die erforderliche Wärmemenge, um die Temperatur eines Kilogramm desselben um einen Grad Celsius zu erhöhen, wie schon oben angedeutet, eine wesentlich andere, als die des Wassers; für Schmiedeeisen beträgt sie z. B. 0,11, für Quecksilber nur 0,03 von der des Wassers. Man nennt diese durch Versuche ermittelten Zahlen die spezifischen Wärmen der betreffenden Körper. Aber auch hier bleibt die Rechnung dieselbe einfache. So brauchen z. B. 20 kg Schmiedeeisen, um von  $15^{\circ}$  C auf  $500^{\circ}$  C, also um  $485^{\circ}$  C erwärmt zu werden, hierzu  $20 \times 0,11 \times 485 = 1067$  Wärmeeinheiten. Wenn man dagegen 24 Wärmeeinheiten einer 10 kg schweren Quecksilbermenge, deren Temperatur  $120^{\circ}$  C beträgt, entzieht, so entfällt auf jedes Kilogramm des Quecksilbers eine Wärmeentziehung von  $\frac{24}{10} = 2,4$  Wärmeeinheiten; da nun aber für einen jeden  $^{\circ}$  C weniger dem kg Quecksilber immer 0,03 Wärmeeinheiten zu entziehen sind, so ergeben die 2,4 entzogenen Wärmeeinheiten eine Temperaturabnahme von  $\frac{2,4}{0,03} = 80^{\circ}$ . Das Quecksilber besitzt mithin nach der Wärmeentziehung noch eine Temperatur von  $40^{\circ}$  C.

Die dritte Wirkung der Wärmezuführung, welche aber nur bei der Zuführung genügend großer Wärmemengen und von einem bestimmten Temperaturpunkte ab eintritt, ist die Aenderung des Körperzustandes oder des Aggregatzustandes; ein fester Körper wird infolge der Wärmezuführung flüssig, er schmilzt, und ein flüssiger Körper wird dampfförmig, er verdampft. Entzieht man dagegen einem Körper Wärme, so werden diese drei Zustände des Körpers umgekehrt durchlaufen; der Dampf verdichtet sich

oder wird kondensirt und bildet eine Flüssigkeit, die Flüssigkeit aber erstarrt endlich und wird zu einem festen Körper.

Diese Verwandlungen treten indessen nicht bei allen Körpern ein; eine Anzahl von Körpern wird vielmehr durch die Zuführung von Wärme auch in ihrem Wesen verändert; dieselben werden zersetzt oder verbrennen, und es entstehen andere, neue Körper.

Ein sehr wichtiger Körper, der in der Natur in allen drei Aggregatzuständen vorkommt, ist das Wasser; seine feste Form nennt man Eis oder Schnee, seine dampfförmige Form Wasserdampf.

Füllt man ein offenes Gefäß mit Eis oder Schnee an, dessen Temperatur  $0^{\circ} \text{C}$  ist, und erwärmt die Masse unter fleißigem Umrühren, so wird zunächst ein in den Gefäßinhalt gestecktes Thermometer, so lange noch ein Restchen Eis oder Schnee ungeschmolzen vorhanden ist, doch keinerlei Temperaturzunahme anzeigen, obgleich dem Gefäßinhalte ununterbrochen Wärme zugeführt wird; das Thermometer steht dabei auf dem 0 Punkte, dem Eis- oder Schmelzpunkte. Die von dem Gefäßinhalte aufgenommene Wärme dient ausschließlich dazu, das Wasser aus dem festen in den flüssigen Zustand überzuführen; dieselbe beträgt für jedes kg des geschmolzenen Eises oder Schnees ziemlich genau 80 Wärmeeinheiten. Man nennt diese Wärmemenge die Schmelzwärme des Eises.

Erst die weitere Wärmezuführung an den schließlich nur aus Wasser bestehenden Gefäßinhalt macht sich am Thermometer durch ein Steigen der Temperatur bemerkbar; hierbei ist für jedes Kilogramm des Wasserinhaltes immer je eine Wärmeeinheit erforderlich, um die Temperatur um einen  $^{\circ} \text{C}$  zu erhöhen. Die Temperaturzunahme findet aber sehr bald eine Grenze; welche Wärmemengen auch zugeführt werden, die Quecksilbersäule des Thermometers steigt nicht mehr und stellt sich auf einen ganz bestimmten Punkt, den Siedepunkt, welcher unter den gegebenen Verhältnissen bei  $100^{\circ} \text{C}$  liegt. Alle weiter zugeführte Wärme wird von jetzt ab dazu verwendet, das erhitzte Wasser in die Dampfform überzuführen. Das Wasser siedet, und überall im Inneren der Flüssigkeit, besonders aber an den Gefäßwänden, bilden sich Dampfbläschen, die, weil sie sehr leicht sind, mit großer Geschwindigkeit der Oberfläche des Wassers zufliegen und entweichen. Bald ist der ganze Wasserinhalt des Gefäßes mit Dampfbläschen durchsetzt; es hebt sich daher auch sein Spiegel, eine Erscheinung, welche man an jedem Dampfkessel beobachten kann, dessen Wasserstand während des Anheizens steigt, während er mit dem Erlöschen des Feuers und dem Aufhören der Dampfentwicklung ein ganz beträchtliches Stück wieder herab sinkt.

Aber auch in einem geschlossenen Gefäße, z. B. in einem Dampfkessel, läßt sich das Wasser, welches in denselben im kalten oder vorgewärmten Zustande eingepumpt wird, stets nur bis zu einer gewissen Temperatur, der Siedetemperatur, erhitzen; alle weiter zugeführte Wärme dient dann wieder zur Umwandlung des Wassers in Dampf, und es treten die gleichen Siedeerscheinungen ein, wie im offenen Gefäße.

Es sei an dieser Stelle nebenbei bemerkt, daß man unter Verdunstung eine schwache Verdampfung an der Oberfläche einer Flüssigkeit versteht, welche bei jeder Temperatur eintritt. Diese Erscheinung bietet indessen für den Dampfkesselbetrieb kein Interesse, weshalb ein Eingehen auf dieselbe unterbleiben kann.

Man hat nun aus Versuchen gefunden, daß die Temperatur des Siedens oder der Siedepunkt einer jeden Flüssigkeit in ganz bestimmter Weise abhängig ist von dem Drucke, unter welchem die Flüssigkeit zum Sieden gebracht wird. Siedet das Wasser in einem offenen Gefäße, so steht die Flüssigkeit unter dem Drucke der atmosphärischen Luft, und beträgt also die Siedetemperatur  $100^{\circ}\text{C}$ . Bei dem Sieden des Wassers in einem geschlossenen Gefäße, in welchem ein gewisser Druck herrscht, ist dagegen die Siedetemperatur eine wesentlich höhere.

Um nun den Zusammenhang zwischen Druck und Siedetemperatur ausdrücken zu können, ist es nöthig, auch den Druck zu messen; hierzu bedarf man aber wieder einer Maßeinheit. Man gelangt zu einer solchen durch folgende Erörterungen:

Von dem Vorhandensein und von der Größe des Druckes der atmosphärischen Luft kann man sich zunächst eine recht anschauliche Vorstellung verschaffen, wenn auf folgende Weise verfahren wird: Ein offenes Gefäß wird mit Quecksilber angefüllt, und in dasselbe eine an beiden Enden offene, etwa einen Meter lange Glasröhre mit dem unteren Ende eingetaucht (siehe Figur 2a). Hält man die Glasröhre lothrecht, so wird man bemerken, daß sowohl in der Glasröhre, als im Quecksilbergefäße der Quecksilberspiegel gleich hoch steht, weil auf beiden Spiegeln derselbe Druck, der Druck der atmosphärischen Luft, ruht. Wird jetzt über das obere Glasrohrende ein Gummischlauch gezogen, welcher nach einer kleinen Luftpumpe führt, so kann mittelst der letzteren die Luft aus dem Glasrohre entfernt werden. Mit jedem Zuge der Pumpe wird eine gewisse Luftmenge aus dem Rohre herausgeholt, und sinkt der Druck der im Rohre noch befindlichen Luft; in demselben Maße hebt sich aber auch der Quecksilberspiegel im Glasrohre. Der auf letzterem Spiegel ruhende Druck ist eben ein geringerer, als der auf dem Quecksilber-



spiegel im Gefäße wirkende, äußere Luftdruck, und dieser letztere preßt das Quecksilber in die Röhre hinein. Endlich ist alle Luft aus der Röhre entfernt worden; der Druck in derselben ist vollständig verschwunden und der äußere Luftdruck zur vollen Wirkung gekommen. Die Quecksilbersäule im Glasrohre steigt dann nicht mehr; ihre Höhe beträgt jetzt ungefähr 76 Centimeter. Die Höhe dieser Quecksilbersäule giebt uns demnach ein sichtbares Bild von dem Vorhandensein und der Größe des atmosphärischen Luftdruckes.

Der atmosphärische Luftdruck ist nicht zu allen Zeiten und an allen Punkten der Erde genau derselbe; so ist er z. B. auf hohen Bergen immer kleiner als im Thale. Um die Größe und die Veränderungen desselben jederzeit bequem beobachten zu können, bedient man sich eines Instrumentes, welches der Vorrichtung, an welcher soeben das Vorhandensein und die Größe des Luftdruckes nachgewiesen wurde, in der Hauptsache gleicht, sich aber von derselben in der Form unterscheidet. Dieses Instrument besteht wieder aus einem nahezu einen Meter langen, senkrechten Glasrohre, welches indessen an seinem oberen Ende zugeschmolzen und an seinem unteren Ende umgebogen und mit einem offenen Glasgefäße versehen ist (siehe Figur 2b). Der obere Theil des Glasrohres ist vollkommen luftleer gemacht; der übrige Theil desselben und das Glasgefäß sind mit Quecksilber angefüllt. Auch bei dieser Vorrichtung wird durch den auf dem Quecksilberspiegel im Glasgefäße lastenden Luftdruck eine Quecksilbersäule getragen, deren Höhe wieder ungefähr 76 Centimeter beträgt. Hinter dem oberen Theile der Glasröhre ist endlich eine Theilung befestigt, welche die Höhe der Quecksilbersäule, vom Quecksilberspiegel im Glasgefäße aus gemessen, in Centimetern angiebt; die Größe des Luftdruckes kann demnach unmittelbar in Centimetern abgelesen werden. Man nennt ein solches Instrument ein Barometer. Im Mittel beträgt also die Höhe der Quecksilbersäule, welche vom atmosphärischen Luftdrucke getragen wird, oder wie man sagt, der Barometerstand, 76 Centimeter.

Wäre zu dem Versuche anstatt des Quecksilbers Wasser genommen worden, so hätte ein weit längeres Rohr verwendet werden

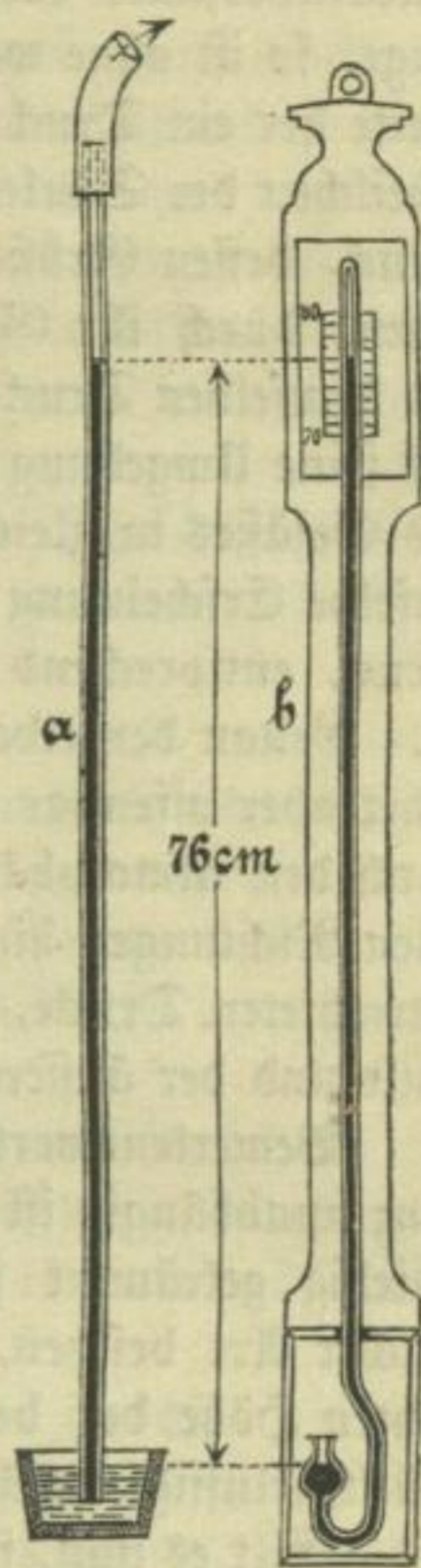


Fig. 2.

müssen; in diesem Rohre wäre dann die Wassersäule auf eine Höhe von etwa 10,3 Meter gestiegen, weil das Wasser 13,59 mal leichter ist, als Quecksilber, und demnach 13,59 mal höher gedrückt wird. Der atmosphärische Luftdruck entspricht somit auch im Mittel einer Wassersäule von 10,3 Meter Höhe.

Faßt man nun einmal ein kleines, im oberen Spiegel der Quecksilbersäule des Barometers gelegenes Quecksilbertheilchen ins Auge, so ist ohne weiteres klar, daß auf dieses Theilchen von keiner Seite her ein Druck ausgeübt wird. Ein weiter abwärts gelegenes Theilchen der Säule erfährt dagegen von allen Seiten einen gewissen Druck, dessen Größe von der Höhe der über dem Theilchen befindlichen, durch ihr Gewicht wirkenden Quecksilbersäule abhängig ist; mit demselben Drucke wirkt aber auch das Theilchen nach allen Seiten auf seine Umgebung zurück. Bei einem, mit dem Quecksilberspiegel des Gefäßes in gleicher Höhe gelegenen Theilchen hat man natürlich dieselbe Erscheinung vor sich, nur mit dem Unterschiede, daß hier der Druck, entsprechend der höheren Quecksilbersäule, auch ein größerer ist. Genau denselben Druck, wie das zuletzt genannte Theilchen, erfährt aber offenbar auch jedes Quecksilbertheilchen des Gefäßspiegels durch den atmosphärischen Luftdruck und übt denselben Druck nach allen Richtungen hin auf seine Umgebung aus. Die beiden zuletzt betrachteten Drücke, der Flüssigkeitsdruck am Fuße der Quecksilbersäule und der äußere Luftdruck, sind also völlig gleich.

Bemerkenswerth ist, daß der im Glasrohre herrschende Druck ganz unabhängig ist von der Form des Glasrohres; dasselbe kann beliebig gekrümmt sein, Verengungen oder Erweiterungen irgend welcher Art besitzen, immer hängt der Druck nur ab von der senkrechten Höhe der belastenden Quecksilber- oder, allgemeiner ausgedrückt, Flüssigkeitssäule, wie sich durch Versuche leicht nachweisen läßt.

Gilt es nun, für die Größe irgend eines Druckes ein bestimmtes Maß anzugeben, so liegt es natürlich nahe, hierzu die Höhe einer Flüssigkeitssäule, welche durch ihre Schwere eben denselben Druck zu erzeugen im Stande ist, zu benutzen. Dies geschieht auch stets, wenn man es mit kleineren Drücken zu thun hat, und spricht man dann von dem Drucke, welcher gleich ist dem einer so und so viel Centimeter hohen Quecksilbersäule, oder dem einer so und so viel Meter hohen Wassersäule. Für größere Drücke ist es dagegen gebräuchlich, nach einer anderen Art und Weise zu messen. Man giebt nämlich dann den Druck in Kilogrammen an, welchen eine ganz bestimmte ebene Fläche erfahren würde, wenn auf jedes Theilchen dieser Fläche der eben zu messende Druck wirkte; als vergleichende Fläche verwendet man hierbei stets das Quadratcentimeter, eine □ förmige Fläche,

deren Breite sowohl als Höhe einen Centimeter beträgt. Fragt man in diesem Sinne wieder nach der Größe des mittleren atmosphärischen Luftdruckes, welcher also gleich ist dem Drucke einer 76 cm hohen Quecksilbersäule oder einer 10,3 m hohen Wassersäule, nun, so kann man durch Versuche oder eine einfache Rechnung leicht nachweisen, daß dieselbe gerade 1,03 kg auf den Quadratcentimeter beträgt.

Nun ist es aber im Dampfkesselwesen immer gebräuchlich gewesen, den Dampfdruck mit dem atmosphärischen Luftdruck zu vergleichen und ihn nach sogenannten Atmosphären zu bemessen. Während man indessen früher hierzu den mittleren Luftdruck benutzte, hat man sich später geeinigt, das genaue Maß desselben des bequemeren praktischen Gebrauches halber abzurunden, und versteht jetzt unter der Atmosphäre einen Druck von gerade einem Kilogramm auf den Quadratcentimeter. Der Dampfkessel-Atmosphärendruck ist demnach eine Kleinigkeit geringer, als der mittlere atmosphärische Luftdruck, und zwar ist er nunmehr gleich dem Drucke einer nur 73,55 cm hohen Quecksilbersäule oder einer gerade 10,0 m hohen Wassersäule. Die so bemessene Atmosphäre hat übrigens allgemeine gesetzliche Gültigkeit erlangt (vergleiche § 11 der Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 5. August 1890, betreffend allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln, im letzten Abschnitt dieses Buches).

Es ist endlich üblich geworden, den Dampfdruck der Kessel in Atmosphären Ueberdruck anzugeben; diese Bezeichnung findet man auch immer auf den Zifferblättern der Manometer vor. Die Bedeutung derselben ist rasch klar gemacht:

Hat man in einem Dampfkessel Dampf von atmosphärischem Drucke erzeugt, so ist mit diesem Dampf für gewöhnlich gar nichts anzufangen; öffnet man ein Ventil des Kessels, so wird der Dampf gar nicht das Bestreben haben, den Kessel zu verlassen, weil ihm der Druck der äußeren atmosphärischen Luft entgegen wirkt. Erst wenn der Druck des Kessels den Luftdruck übersteigt, strömt der Dampf aus dem Kessel heraus, und ist auch erst dann im Stande, in den gewöhnlichen Dampfmaschinen, welche den verbrauchten Dampf in die atmosphärische Luft ausstoßen, treibend zu wirken. Man versteht nun unter Ueberdruck den Ueberschuß des Dampfdruckes über den atmosphärischen Druck, und es ergiebt sich hieraus, daß der eigentliche Druck des Dampfes, auch kurzweg Dampfdruck oder Dampfspannung genannt, stets eine Atmosphäre mehr beträgt als der Ueberdruck. Arbeitet also ein Kessel mit 6 Atmosphären Ueberdruck, so besitzt sein Dampf

in Wirklichkeit einen Druck von 7 Atmosphären. Dieser Umstand ist wohl zu beachten bei der Benutzung der folgenden Tabellen.

Nach diesen Erläuterungen ist zu dem Sieden des Wassers zurückzukehren. Zwischen dem Siedepunkte des Wassers und dem Drucke, unter welchem das Sieden erfolgt, finden nach den Versuchen von Regnault (spr. Reniol) und den auf diese Versuche gestützten Berechnungen von Fliegner folgende, in einer kleinen Tabelle zusammengestellte Beziehungen statt:

Siedepunkt-Tabelle des Wassers.

Dampfdruck in Atmosphären (1 Atmosphäre = 73,55 cm Quecksilberfäule = 1 kg auf den □ cm)	Siedetemperatur in Celsius-Graden
0,1	45,6
0,5	80,9
1,0	99,1
2,0	119,6
3,0	132,8
4,0	142,8
5,0	151,0
6,0	157,9
7,0	164,0
8,0	169,5
9,0	174,4
10,0	178,9
11,0	183,0
12,0	186,9
13,0	190,6
14,0	194,0

Man sieht aus dieser Tabelle, daß die Siedetemperatur des Wassers mit dem Wachsen des Dampfdruckes nicht gleichen Schritt hält, sondern bei den höheren Atmosphärenzahlen immer langsamer zunimmt. Weiter ist noch bemerkenswerth, daß die Siedetemperatur bei einem Drucke von einer Atmosphäre jetzt 99,1° C beträgt. Es kommt dies daher, daß bei der Eintheilung der Thermometer die 100 angemerkelt wird, wenn sich das Thermometer in siedendem Wasser befindet, welches unter einem Drucke siedet, der gleich dem mittleren Luftdrucke oder dem Drucke einer Quecksilberfäule von 76 cm Höhe ist. Unter dem Drucke der Dampfkessel-Atmosphäre, welcher gleich ist dem Drucke einer nur 73,55 cm hohen Quecksilberfäule, tritt aber natürlich das Sieden etwas früher ein.

Eine ebenso große Wichtigkeit, als die Siedetemperatur, hat nun auch die Wärmemenge, welche die Verdampfung des Wassers erfordert; hängt doch bei einem Dampfkessel von dieser Wärmemenge unmittelbar die Brennstoffmenge ab, die aufgewendet werden muß, um eine bestimmte Dampfmenge zu erzeugen. Diese Wärmemenge setzt sich zusammen aus der sogenannten Flüssigkeitswärme und der sogenannten Verdampfungswärme, gebundenen oder latenten Wärme. Die Flüssigkeitswärme ist die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um das Wasser von 0° Celsius auf die entsprechende Siedetemperatur zu bringen; die Verdampfungswärme aber die Wärmemenge, welche die Ueberführung des Wassers in die Dampf- form erfordert. Die Summe dieser beiden Wärmemengen giebt die Gesamtwärme. Auch diese Wärmemengen sind durch genaue Versuche ermittelt worden. Die folgende kleine Tabelle, ebenfalls nach Regnault und Fliegner, giebt die Gesamtwärmemengen an, welche erforderlich sind, um 1 kg Wasser von 0° Celsius in Dampf von irgend welchem Drucke zu verwandeln. Diesen Werthen ist beigefügt der Rauminhalt oder das Volumen in Litern, welches von einem kg Dampf eingenommen wird. In der letzten Spalte aber findet man das Gewicht eines Kubikmeter Dampfes in kg angegeben.

Wasserdampf-Tabelle.

Dampfdruck in Atmosphären (1 Atmosphäre = 73,55 cm Queck- silberhöhe = 1 kg auf den □ cm)	Wärmemenge in Wärmeeinheiten für 1 kg Dampf aus Wasser von 0° C	Rauminhalt oder Volumen von 1 kg Dampf in Litern	Gewicht von 1 Kubikmeter Dampf in kg
0,1	620,4	14891	0,07
0,5	631,2	3267	0,31
1,0	636,7	1701	0,59
2,0	643,0	888	1,13
3,0	647,0	607	1,65
4,0	650,1	463	2,16
5,0	652,6	375	2,66
6,0	654,7	316	3,16
7,0	656,5	274	3,65
8,0	658,2	241	4,14
9,0	659,7	216	4,63
10,0	661,1	196	5,11
11,0	662,3	179	5,58
12,0	663,5	165	6,06
13,0	664,6	153	6,53
14,0	665,7	143	7,00

Selbstverständlich geben diese Zahlen auch umgekehrt darüber Aufschluß, welche Wärmemengen bei dem Wiederflüssigwerden oder der Kondensation des Dampfes gewonnen werden, welche Wärmemengen also z. B. 1 kg Dampf in einer Dampfheizung abliefern. Man hat dann nur von der Gesamtwärme des verwendeten Dampfes die Wärme abzuziehen, welche das aus dem Dampfofen abfließende Kondensationswasser noch besitzt; der Unterschied dieser beiden Wärmemengen ist die von dem Ofen an die Zimmerluft abgegebene Wärme.

Der gebildete Wasserdampf ist ein durchsichtiges, farbloses Gas und nimmt, wie die dritte Spalte der Wasserdampftabelle zeigt, einen außerordentlich viel größeren Rauminhalt ein, wie das Wasser, welchem er entstammt. Bei Dampf von atmosphärischem Drucke z. B. beträgt dieser Rauminhalt 1701 Liter, während das ursprüngliche kg Wasser bekanntlich nur 1 Liter Raum einnimmt; der Rauminhalt des Dampfes ist also in diesem Falle rund 1700 mal so groß, als der der gleichen Gewichtsmenge Wassers.

Die mitgetheilten beiden Tabellen gelten indessen nur für eine bestimmte Art von Wasserdampf, und zwar nur für den gesättigten; man unterscheidet nämlich gesättigten und ungesättigten oder überhitzten Dampf. Der Unterschied dieser beiden Dampfarten wird durch folgende Betrachtung klar werden:

In einem geheizten, im Betriebe befindlichen Dampfkessel sind immer der gebildete Dampf und das denselben erzeugende, siedende Wasser in Berührung. Die Temperatur beider ist die gleiche; sie hängt von dem herrschenden Drucke ab und hat die in der Siedepunkttafel angegebene Höhe.

Wird dem Kessel rasch eine größere Menge Dampf entnommen, so wird natürlich der Druck sinken, und es könnte vermuthet werden, daß hierbei die Temperatur des Dampfes, welchem keine Wärme entzogen wird, dieselbe bleibt, und auch das Wasser seine frühere Temperatur beibehält. Der im Kessel enthaltene Dampf sowie das Kesselwasser hätten somit eine höhere Temperatur, als dieselbe nach der Tabelle, dem jetzt herrschenden, geringeren Drucke entsprechend, sein sollte; beide wären also, wie man sagt, überhitzt.

Die Natur läßt nun aber einen derartigen Zustand gar nicht zu. Sind überhitzter Dampf und überhitztes Wasser mit einander in Berührung, so wird vielmehr die im Wasser enthaltene, überschüssige Wärme sofort dazu verwendet, neuen Dampf zu bilden, welcher von dem vorhandenen Dampfe begierig aufgenommen wird, wobei eine allgemeine Abnahme der Temperatur und eine Wiederrückkehr zum Siedepunkte stattfindet. Diese Dampfbildung geht so lange

vor sich, bis der Druck im Kessel und die Temperatur des Dampfes und des Wassers auf einem ganz bestimmten Punkte angekommen sind, bei welchem dann wieder zwischen Druck und gemeinschaftlicher Temperatur des Dampfes und Wassers genau das in der Siedepunktabelle angegebene Verhältniß eingetreten ist. Der Dampf kann dann keinen weiteren, frisch gebildeten Dampf mehr aufnehmen; man sagt, er hat sich gesättigt, und nennt ihn daher gesättigten Dampf. Erst eine erneute Wärmezuführung an den Kessel wäre im Stande, eine weitere Dampfentwicklung unter Zunahme der Wasser- und Dampftemperatur sowie des Dampfdruckes herbei zu führen.

Der eben geschilderte Vorgang des Ausgleiches zwischen Temperatur und Druck des Kesselinhaltes, die Sättigung des Dampfes genannt, geht in jedem Dampfkessel schon sofort bei der kleinsten Druckverminderung vor sich, und man findet deshalb in den Dampfkesseln auch immer nur gesättigten Dampf vor. Diese Erscheinung ist übrigens die Ursache, weshalb ein Dampfkessel noch lange Zeit nach dem Erlöschen des Feuers Dampf zu erzeugen im Stande ist, wie jedem Heizer zur Genüge bekannt sein dürfte. Ja, man hat diesen Umstand sogar dazu benutzt, sich sogenannte feuerlose, also keine Feuer-gase ausstoßende und auch keinen Rauch erzeugende Lokomotiven zu verschaffen. Es sind dies den gewöhnlichen Lokomotiven ganz ähnliche Maschinen, welche mit Wasser und Dampf gefüllt werden. Die Füllung entnimmt man einem feststehenden, geheizten Kessel, der unter etwa 15 Atmosphären Druck steht. Mit einer solchen Füllung ist dann eine derartige Lokomotive im Stande, einige Stunden lang eine Anzahl der auf den unterirdischen Bahnen von Gruben laufenden Wagen in Bewegung zu setzen; ist der Druck im Kessel so weit gesunken, daß die Lokomotive die Wagen nicht mehr fortzubewegen vermag, so muß natürlich der Kessel wieder frisch gefüllt werden.

Jede rasche, in größeren Mengen stattfindende Dampfsentnahme verursacht in einem Dampfkessel eine rasche Druckverminderung, welche eine plötzliche, stürmische Dampfbildung nach sich zieht. Hierbei tritt aber ein mehr oder weniger lebhaftes Aufschäumen der ganzen Wassermasse ein, welche sich mit einem Male ganz mit Dampfbläschen durchsetzt, und es kann bei besonderen Kesselanlagen sogar vorkommen, daß der Wasserspiegel bis an die Dampfventile emporsteigt, und daß dann mit dem abgeführten Dampfe gleichzeitig Wasser fortgerissen wird. Man sagt dann, der Kessel kocht über. Dieses Ueberkochen wird bei dem zu raschen, plötzlich große Dampfmengen erfordernden Ingangsetzen großer Dampfmaschinen und überhaupt bei dem schnellen Oeffnen weiter Dampfventile beobachtet; es ist sehr unerwünscht,

denn die mitgerissenen Wassermassen geben zu gefährlichen Stößen im Cylinder der Maschine und in den Rohrleitungen Anlaß, so daß der Bruch irgend eines Theiles derselben zu befürchten steht und thatsächlich auch öfters eintritt. Hieraus ergibt sich aber für den sorgsamten Maschinisten die wichtige Regel, die Maschine stets langsam und vorsichtig in Gang zu setzen und alle Ventile nur langsam zu öffnen.

Es bedarf noch einiger Bemerkungen über den zu weiterer Dampfaufnahme fähigen, *überhitzten* oder *ungesättigten* Dampf, dessen Hauptunterschied von gesättigtem Dampfe bei gleichem Druck in einer höheren Temperatur besteht.

Ueberhitzter Dampf kann, so lange er mit dem siedenden Wasser in Berührung bleibt, nicht entstehen; er wird erst erhalten, wenn man gesättigten, vom Wasser getrennten Dampf noch weiter erhitzt, oder auch, wenn man solchen Dampf vor Abkühlung schützt und sich ausdehnen läßt, wobei natürlich sein Druck sinkt.

Außer der höheren Temperatur hat der überhitzte Dampf die Eigenschaften, keine Spur von Wasser mehr zu enthalten, also sehr rein zu sein, und weiter bei gleichem Druck ein wesentlich geringeres Gewicht zu besitzen als gesättigter Dampf. Endlich bietet er den Vortheil, daß eine Abkühlung auf dem Wege zur Maschine, sobald die Temperatur nur nicht bis zu der des gesättigten Dampfes von gleichem Druck herabsinkt, zu keinem Druckverlust führt, während bei dem gesättigten Dampfe jede Abkühlung die Kondensation eines Theiles des Dampfes und hiermit eine Abnahme des Druckes zur Folge hat.

Wegen aller dieser guten Eigenschaften versprach man sich früher große Vortheile vom Betrieb der Dampfmaschinen mit überhitztem Dampf. Da der gesättigte Dampf stets etwas Wasser und mit demselben feine Schlammtheilchen aus dem Kessel herüberführt, so ist zu erwarten, daß eine mit überhitztem, also reinem Dampfe getriebene Maschine weit weniger zu leiden hat, als eine mit gesättigtem Dampf gespeiste Maschine; und dieselbe Maschinen- und Kesselanlage wird bei gleichem Dampfdruck und gleicher Leistung eine wesentlich geringere Gewichtsmenge Speisewasser verbrauchen, wenn der Kessel der Maschine überhitzten, leichteren Dampf mit ungeschmälertem Druck und ohne Wasser zuführt. Demzufolge wird aber dann selbstverständlich auch der Kohlenverbrauch der Anlage ein wesentlich geringerer sein.

Diesen Vortheilen stehen aber leider recht schwerwiegende Nachtheile gegenüber. Angestellte Versuche mit derartigen, durch überhitzten Dampf getriebenen Maschinen haben nämlich ergeben, daß dieselben ganz ungewöhnlich rasch und stark abgenutzt wurden. Der



überhitzte, durchaus trockene und sehr heiße Dampf zersezte und verbrannte nicht nur das Schmiermaterial, sondern zerstörte auch in ganz kurzer Zeit alle Dichtungen, so daß es ganz unmöglich war, die vom Dampf berührten, bewegten Theile, wie Kolben, Schieber u. a., dicht zu halten und vor dem Zugrundegehen zu bewahren. Die durch gesättigten Dampf getriebenen Maschinen zeigten sich daher in Bezug auf Lebensdauer weit überlegen; aus diesem Grunde hat man auch die Anwendung des überhitzten Wasserdampfes für den Maschinenbetrieb wieder aufgegeben, eine größere Sparsamkeit im Wasser- und Kohlenverbrauche aber auf einem anderen, besseren Wege erzielt, nämlich durch die Anwendung höheren Dampfdruckes.

Der in unseren gebräuchlichen Dampfmaschinen zur Verwendung kommende Dampf ist fast ohne Ausnahme gesättigter, und für ihn gelten auch immer die in den Tabellen enthaltenen Zahlen.

## Zweiter Abschnitt.

### Die Brennmaterialien und ihre Verbrennung.

Inhalt: Die gebräuchlichen Brennmaterialien; ihre Zusammensetzung. — Die Verbrennung der Körper; die Entzündungstemperatur. — Die unvollständige und vollständige Verbrennung des Kohlenstoffes; die Verbrennung des Wasserstoffes. Die Verbrennungswärmen des Kohlenstoffes und Wasserstoffes. — Die erforderlichen theoretischen Luftmengen; die Verbrennungstemperatur. Der Einfluß des Luftüberschusses auf die Ausnutzung der Wärme. — Der Hauptsatz von der Verbrennung. — Das Verhalten der Brennmaterialien bei ihrer Verbrennung. Die Verbrennung der aus dem frischen Brennmaterial sich entwickelnden Gase; die Verbrennung des entgasten Brennmaterialies. Die Zusammensetzung der dem Schornstein entströmenden Gase. — Die Heizkraft der Brennmaterialien; freier und gebundener Wasserstoff.

Im Dampfkesselbetrieb wird die Verdampfung großer Mengen Wassers beabsichtigt; es kommt daher darauf an, zu diesem Zweck auf künstlichem Wege große Wärmemengen zu erzeugen, deren Herstellungskosten aber verhältnißmäßig geringe sein müssen. Auf welche verschiedene Weisen Wärme gewonnen werden kann, ist bereits im ersten Abschnitt, Seite 3, gezeigt worden; unter allen den dort genannten Mitteln ist das einzige für die Wärmeerzeugung im großen Maßstabe praktisch anwendbare die Verbrennung geeigneter Stoffe, welche in der Natur in großen Mengen vorkommen, dem entsprechend billige sind und Brennmaterialien genannt werden.

In unseren Gegenden finden als Brennmaterialien Verwendung: die Steinkohlen, die Braunkohlen, der Torf und das Holz; daneben ist der Koks zu nennen.

Die Steinkohlen sind die Ueberreste von vorweltlichen Wäldern, welche vor Jahrtausenden durch große Erdumwälzungen in das Innere der Erde gebettet wurden und nun wieder durch die Bergwerke zu ihrer Nutzbarmachung empor gefördert werden. Die Braunkohlen sind gleichfalls solche Ueberreste, aber jüngeren Alters.

Die Stein- und Braunkohlen theilt man nach verschiedenen Gesichtspunkten in Sorten ein. Je nach der Stückgröße, in welcher der Schacht die Kohle verkauft, unterscheidet man Stückkohle, Nußkohle und klare Kohle, Staubkohle oder Schlemme; je nach der Flammenbildung beim Verbrennen nennt man sie eine kurzflammige Kohle, wenn sie mit kurzer Flamme verbrennt, eine langflammige, wenn sie recht lange Flammen bildet. Weiter unterscheidet man bei den Steinkohlen magere oder Sandkohle von fetter oder backender Kohle. Die erstere Sorte zerspringt beim Verbrennen in viele kleine Stücke; die letztere dagegen schmilzt, bäckt zusammen und bildet einen zähen Brei, welcher sich aufbläht. Für den Dampfkesselbetrieb eignen sich am besten Sorten, welche mit ihren Eigenschaften zwischen den mageren und fetten liegen, also bei dem Verbrennen ruhig liegen bleiben, sich lose an einander hängen, aber nicht schmelzen; man nennt dieses Verhalten sintern und solche Kohle Sinterkohle. Auch Bezeichnungen wie Kesselskohle, Schmiedekohle und Gaskohle, welche die Verwendungszwecke andeuten, zu welchen sich die Kohlensorte besonders eignet, werden gebraucht.

Als Torf bezeichnet man die Ueberreste von vermoderten Pflanzen, welche sich auf sumpfigem Boden abgelagert haben; ist die Torfschicht stark genug geworden, so wird die Masse abgestochen, in Ziegelform gebracht und getrocknet, um dann als Brennmaterial zu dienen.

Das für die Dampfkesselheizung zu theuere Holz wird meistens nur in der Form von Abfall, Sägespähnen oder Lohe als Brennmaterial verwendet.

Koks endlich ist der Rückstand der Stein- und Braunkohlen, wenn dieselben durch Erhitzen ihrer flüchtigen Gase und Oele beraubt werden, wie dies in Gasanstalten, welche Leuchtgas darstellen, oder in Kokereien, welche Koke zu Schmelzzwecken bereiten, geschieht.

Prüft der Chemiker in seinem Laboratorium einen Körper, z. B. ein Stück Kohle, auf seine Zusammensetzung, so stößt er zuletzt auf einfache Körper oder Stoffe, welche sich nicht weiter zerlegen lassen; man nennt solche einfache Körper Urstoffe oder Elemente. Durch die Untersuchung der verschiedenartigsten Körper hat sich ergeben, daß in der Natur im Ganzen gegen 70 verschiedene Urstoffe oder Elemente vorkommen. Als solche Elemente sind anzusehen die so wichtigen Metalle, wie das Eisen, Kupfer, Zinn, Quecksilber u. s. w., ferner Stoffe wie der Schwefel, Phosphor und andere.

Von der Zusammensetzung der Brennmaterialien, sowie den Eigenschaften und dem Verhalten der Elemente derselben,

hängt nun auch in erster Linie die Menge der bei der Verbrennung entwickelten Wärme ab.

Die Zahl der in den Brennmaterialien enthaltenen Elemente ist ziemlich beträchtlich; man giebt indessen gewöhnlich nur diejenigen Elemente besonders an, welche für die Wärmeerzeugung von Bedeutung sind, während man die übrigen, meistens in geringen Mengen vorkommenden, keine Wärme erzeugenden Bestandtheile zusammenfaßt. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet sind die wichtigsten Elemente und Hauptbestandtheile der Brennmaterialien: der Kohlenstoff, der Wasserstoff und der Sauerstoff; endlich außer einer geringen Menge Stickstoff und Schwefel eine Anzahl von Elementen, welche bei der Verbrennung erdige und salzige Rückstände bilden und als solche den Namen Asche führen.

Die gebräuchlichen Brennmaterialien, deren Sorten selbstverständlich außerordentlich verschiedene Zusammensetzung aufweisen, enthalten in 100 kg bei mittlerer Güte etwa folgende Bestandtheile:

#### Zusammensetzung der Brennmaterialien:

100 kg Brennmaterial enthalten:	kg Kohlenstoff	kg Wasserstoff	kg Sauerstoff	kg Stickstoff, Schwefel und Asche
Westfälische Steinkohle . . . . .	80,9	3,1	7,1	8,9
Schlesische Steinkohle . . . . .	73,7	4,7	13,9	7,7
Zwickauer Steinkohle*) . . . . .	72,4	5,0	15,8	6,8
Steinkohle des Plauenschen Grundes*) . . . . .	59,3	4,0	13,9	22,8
Böhmische Braunkohle . . . . .	49,0	6,6	38,5	5,9
Erdige Braunkohle . . . . .	34,5	7,8	51,4	6,3
Koks . . . . .	90,0	0,0	0,0	10,0
Torf (lufttrocken) . . . . .	42,0	7,1	45,9	5,0
Holz (lufttrocken) . . . . .	39,6	6,6	52,8	1,0

Der Kohlenstoff ist ein fester Körper, den die Natur in reinem Zustande in zwei völlig verschiedenen Formen darbietet, nämlich als Graphit und als Diamant; beide Körper lassen sich außerordentlich schwer verbrennen. Eine dritte Form des Kohlenstoffes bildet den Hauptbestandtheil der Holzkohle, des Kokes und der Kohlen, sowie der gesammten Pflanzenwelt und ist leichter brennbar. Die Holzkohle ist nahezu reiner derartiger Kohlenstoff.

Der Wasserstoff ist ein farbloses und geruchloses Gas, dabei das leichteste aller Gase und brennbar; seine Verbrennung erfolgt mit schwachleuchtender, aber sehr heißer Flamme.

\*) Mittelwerthe nach Stein Untersuchung der Steinkohlen Sachsens.

Der Sauerstoff und der Stickstoff sind ebenfalls farblose und geruchlose Gase, welche die Natur in ganz gewaltigen Mengen darbietet. Die atmosphärische Luft ist nämlich im Wesentlichen ein Gemisch dieser beiden Gase, und zwar enthalten immer 100 kg Luft 23,3 kg Sauerstoff und 76,7 kg Stickstoff. In den Brennmaterialien kommt der Stickstoff in verschwindend kleinen Mengen vor.

Der Schwefel ist, wie der Kohlenstoff, ein fester und brennbarer Körper; die Brennmaterialien enthalten ihn indessen nur in so geringen Mengen, daß er ebenfalls, wie der Stickstoff, außer Betracht bleiben kann.

Die aus den übrigen Bestandtheilen gebildete Asche dagegen beträgt bei geringwerthigen Kohlenarten oftmals beinahe die Hälfte des ursprünglichen Gewichtes. Dieselbe ist eine todte, nutzlose Masse; in zusammengeschmolzenem Zustande heißt sie Schlacke. Je mehr Asche oder Schlacke ein Brennmaterial zurückläßt, desto schlechter oder geringwerthiger ist dasselbe, und desto weniger Wärme erhält man von einem Kilogramm desselben bei seiner Verbrennung.

Die brennbaren, wärmeerzeugenden Hauptelemente der Brennmaterialien sind nun der Kohlenstoff und der Wasserstoff.

Alle brennbaren Körper entwickeln bei ihrer Verbrennung unter Lichterscheinungen oder Flammenbildungen eine bestimmte, mehr oder weniger große Wärmemenge. Die Verbrennung besteht aber immer in einer Verbindung des brennbaren Körpers mit dem Sauerstoff. Durch diese Verbindung entstehen neue Körper, gewöhnlich eine gewisse Menge von Verbrennungsgasen, und in diesen ist die entwickelte Wärme enthalten.

Um eine Verbrennung herbeizuführen, genügt es meistens nicht, den zu verbrennenden Körper mit dem Sauerstoff in Berührung zu bringen; der brennbare Körper muß vielmehr erst auf eine genügend hohe Temperatur, die sogenannte Entzündungstemperatur gebracht werden, ehe die Verbindung mit dem Sauerstoff oder die Verbrennung vor sich geht. Es ist aber in der Regel nur nothwendig, die Verbrennung an einer einzigen Stelle des brennbaren Körpers einzuleiten; an die benachbarten Theilchen wird dann schon so viel Wärme abgegeben, daß dieselben ebenfalls auf die Entzündungstemperatur gelangen und nun, selbst verbrennend, die Verbrennung weiter fortpflanzen.

Die Verbrennung oder die Verbindung des Kohlenstoffes mit dem Sauerstoff findet stets nur auf zweierlei ganz bestimmte Arten statt; entweder verbindet sich 1 kg Kohlenstoff mit  $1\frac{1}{3}$  kg Sauerstoff, und es entstehen dann  $2\frac{1}{3}$  kg Kohlenoxydgas; oder aber es verbinden sich 1 kg Kohlenstoff mit  $2\frac{2}{3}$  kg

Sauerstoff und ergeben  $3\frac{2}{3}$  kg Kohlenensäure. Irgend eine dritte Verbindung zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff ist nicht bekannt.

Das im ersten Falle entstehende Kohlenoxydgas ist wieder ein farbloses, geruchloses, noch brennbares und sehr giftiges Gas; seine Verbrennung erfolgt mit schöner, blauer Flamme, wobei ebenfalls eine beträchtliche Menge Wärme entwickelt wird. Die im zweiten Falle entstehende Kohlenensäure aber ist ein farbloses, nicht mehr brennbares Gas von stechend säuerlichem Geruch und Geschmack.

Da das Kohlenoxydgas bei Zuführung einer weiteren Menge von Sauerstoff noch zu Kohlenensäure verbrannt werden kann, so wird die Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlenoxydgas die unvollständige genannt, während man die sofortige Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlenensäure als vollständige bezeichnet.

Der Wasserstoff dagegen verbindet sich bei der Verbrennung nur in einem einzigen bestimmten Verhältnisse mit dem Sauerstoff; es kommen immer auf 1 kg Wasserstoff 8 kg Sauerstoff und entstehen dann 9 kg Wasserdampf.

Der Wasserdampf, ein durchsichtiges, farbloses Gas, ist mithin nichts anderes, als das Verbrennungsprodukt des Wasserstoffes, welches sich durch Abkühlung in die tropfbar flüssige Form überführen läßt und dann die Gestalt des für den Dampfkesselbetrieb so wichtigen Wassers annimmt.

In gleicher Weise, wie man die Wärmemengen ermittelt hat, welche zur Verdampfung des Wassers erforderlich sind, hat man nun auch durch genaue Versuche die Wärmemengen bestimmt, welche bei der Verbrennung des Kohlenstoffes und Wasserstoffes entwickelt werden; man nennt dieselben die Verbrennungswärmen dieser Körper. Die von Favre und Silbermann angestellten Versuche ergaben, daß bei der Verbrennung von 1 kg Kohlenstoff zu Kohlenoxydgas 2473 Wärmeeinheiten, bei der Verbrennung von 1 kg Kohlenstoff zu Kohlenensäure 8080 Wärmeeinheiten und endlich bei der Verbrennung von 1 kg Wasserstoffgas zu Wasserdampf 34 462 Wärmeeinheiten entwickelt werden, welche Wärmemengen nach der Verbrennung in den entstandenen Verbrennungsgasen aufgespeichert sind.

Bei den im Dampfkesselbetriebe ausgeführten Verbrennungsvorgängen wird aber nun nicht reiner Sauerstoff dem Brennmaterial zugeführt, sondern atmosphärische Luft, welche, wie schon mitgetheilt, ein Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff ist. 100 kg Luft enthalten nur 23,3 kg Sauerstoff; man muß also bei der Verbrennung an Stelle jedes Kilogramm reinen Sauerstoffes  $\frac{100}{23,3} = 4,29$  kg Luft anwenden. Will man demnach ein Kilogramm Kohlenstoff zu

Kohlenoxydgas verbrennen, so sind hierzu  $1\frac{1}{3} \times 4,29 = 5,7$  kg Luft erforderlich, oder wenn die Verbrennung eine solche zu Kohlenfäure sein soll,  $2\frac{2}{3} \times 4,29 = 11,4$  kg Luft; bei der Verbrennung eines Kilogramm Wasserstoffgases zu Wasserdampf werden dagegen  $8 \times 4,29 = 34,3$  kg Luft gebraucht.

Diese eben berechneten Luftmengen sind die zur Verbrennung gerade nöthigen und enthalten den erforderlichen Sauerstoff; man nennt sie daher auch die theoretisch erforderlichen Luftmengen.

Hervorzuheben ist, daß die entstandenen Verbrennungsgase bei der Verbrennung mit atmosphärischer Luft außer dem gebildeten Kohlenoxydgas, der Kohlenfäure oder dem Wasserdampf auch noch die mit der Luft zugeführten, sehr beträchtlichen Stickstoffmengen enthalten. Diese letzteren haben zur Verbrennung gar nichts beigetragen und sind unverändert geblieben; sie haben aber ebenfalls einen großen Theil der entwickelten Wärme in sich aufgenommen.

Stellt man die bisher erläuterten Thatfachen zusammen, so ergiebt sich Folgendes:

1. Unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlenoxydgas:  $1$  kg Kohlenstoff  $+ 5,7$  kg Luft  $= 6,7$  kg Verbrennungsgase; in denselben enthaltene Wärme  $= 2473$  Wärmeeinheiten.
2. Vollständige Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlenfäure:  $1$  kg Kohlenstoff  $+ 11,4$  kg Luft  $= 12,4$  kg Verbrennungsgase; in denselben enthaltene Wärme  $= 8080$  Wärmeeinheiten.
3. Verbrennung des Wasserstoffes zu Wasserdampf:  $1$  kg Wasserstoff  $+ 34,3$  kg Luft  $= 35,3$  kg Verbrennungsgase; in denselben enthaltene Wärme  $= 34462$  Wärmeeinheiten.

Man hat nun offenbar im Dampfkesselbetriebe das Bestreben, aus den Brennmaterialien möglichst große Wärmemengen zu entwickeln. Dies ist aber jedenfalls nur der Fall, wenn aller im Brennmaterial enthaltene Kohlenstoff zu vollständiger Verbrennung gelangt; denn in diesem Falle werden von jedem Kilogramm des Kohlenstoffes  $8080$  Wärmeeinheiten erhalten, während die unvollständige Verbrennung nur  $2473$  liefert und mithin den bedeutenden Verlust von  $5607$  Wärmeeinheiten nach sich zieht. Um eine vollständige Verbrennung zu erzielen, muß der Heizer demnach dafür sorgen, daß bei derselben jedem Kilogramm des im Brennmaterial enthaltenen Kohlenstoffes nicht weniger als  $11,4$  kg Luft zugeführt wird. In gleicher Weise soll auch aller im Brenn-

material enthaltene Wasserstoff verbrannt werden; dies ist aber nur möglich, wenn jedes Kilogramm desselben mit einer Zuführung von 34,3 kg Luft bedacht wird.

In den gebräuchlichen Feuerungsanlagen wird bekanntlich die zur Verbrennung erforderliche Luft durch die Brennmaterialschicht hindurch geführt. Auf dem Wege durch die Zwischenräume der Brennmaterialstücke treten indessen bei weitem nicht alle in der zugeführten Luft enthaltenen Sauerstofftheilchen an das Brennmaterial heran, und es bleibt daher ein mehr oder weniger großer Theil derselben wirkungslos. Soll eine vollständige Verbrennung dennoch mit Sicherheit erzielt werden, so muß auch dem Brennmaterial wesentlich mehr Luft, als theoretisch erforderlich ist, zugeführt werden, oder der Heizer muß, wie man sagt, mit einem gewissen Luftüberschuß arbeiten.

Nun ist es aber auf der anderen Seite durchaus nicht etwa rathsam, in der guten Absicht, mit Sicherheit eine vollständige Verbrennung zu erzielen, den Luftüberschuß beliebig groß zu machen; ein einfaches Beispiel wird die Schädlichkeit eines zu großen Luftüberschusses gleich darlegen.

Um die Sache zu vereinfachen, werde als Brennmaterial reiner Kohlenstoff angenommen, was also etwa einer Feuerung mit Holzkohle oder Koks entsprechen würde. Es seien ferner drei verschiedene Dampfkesselanlagen vorhanden. In der ersten werde das Brennmaterial mit der theoretisch erforderlichen Luftmenge zu Kohlensäure verbrannt, in der zweiten mit dem Doppelten dieser Luftmenge, in der dritten aber mit dem Dreifachen derselben. Aus jedem Kilogramm Brennmaterial werden mithin in der ersten Anlage  $1 + 11,4 = 12,4$  kg Verbrennungsgase, in der zweiten  $1 + 2 \times 11,4 = 23,8$  kg, in der dritten aber  $1 + 3 \times 11,4 = 35,2$  kg gebildet.

In diesen drei verschiedenen Gasmenngen findet sich natürlich immer dieselbe Wärmemenge vor, welche das eine Kilogramm Kohlenstoff bei seiner Verbrennung entwickelt hat, also 8080 Wärmeeinheiten. Dann enthält 1 kg der Verbrennungsgase bei der ersten Anlage  $\frac{8080}{12,4} = 652$  Wärmeeinheiten, bei der zweiten Anlage nur  $\frac{8080}{23,8} = 339$  Wärmeeinheiten, bei der dritten aber gar nur  $\frac{8080}{35,2} = 229$  Wärmeeinheiten.

Durch Versuche ist ermittelt worden, daß jedem Kilogramm der bei der Verbrennung gebildeten Verbrennungsgase, um ihre Temperatur um einen  $^{\circ}\text{C}$ . zu erhöhen, 0,25 Wärmeeinheiten zugeführt werden müssen.

Es wurde nun früher gezeigt, daß man die jedem Kilogramm eines zu erwärmenden Körpers zuzuführende Wärmemenge sehr einfach findet, wenn man die Wärmemenge, welche für die Temperaturerhöhung um einen  $^{\circ}\text{C}$  erforderlich ist, mit der



gewünschten Temperaturerhöhung in Celsiusgraden multipliziert. Es kann daher jetzt auch umgekehrt berechnet werden, welche Temperaturen die aus dem Brennmaterial und der Luft entstandenen Verbrennungsgase unmittelbar nach der Verbrennung besitzen, wobei aber der weiteren Einfachheit halber die Temperaturen, welche das Brennmaterial und die Luft vor der Verbrennung besaßen, zu  $0^{\circ}\text{C}$  angenommen werden sollen. Man nennt die so berechneten Temperaturen die Verbrennungstemperaturen, und findet sie, wenn man die nach der Verbrennung in einem Kilogramm der Gase enthaltene Wärme dividirt durch die Wärmemenge, welche eine Temperaturerhöhung um einen  $^{\circ}\text{C}$  zu erzeugen im Stande war.

Wird diese Berechnungsweise auf die drei gedachten Dampfkesselanlagen angewendet, so erhält man für die erste Anlage eine Verbrennungstemperatur von  $\frac{652}{0,25} = 2608^{\circ}\text{C}$ , für die zweite eine solche von  $\frac{339}{0,25} = 1356^{\circ}\text{C}$ , für die dritte endlich eine solche von  $\frac{229}{0,25} = 916^{\circ}\text{C}$ .

In den drei verschiedenen Kesselanlagen sollen nun die gebildeten Verbrennungsgase gleich gut ausgenützt werden, d. h. die Gase sollen etwa bis auf  $250^{\circ}\text{C}$  abgekühlt werden, ehe sie in den Schornstein eintreten. Diese angenommene Schornsteintemperatur findet man nebenbei bemerkt meistens bei guten Kesselanlagen vor.

Der Einfluß, welchen die drei verschiedenen, bei der Verbrennung zugeführten Luftmengen auf die Nutzbarmachung der entwickelten Wärme ausgeübt haben, ist nunmehr leicht zu erkennen.

Immer ist die von einem Kilogramm des Brennmaterials gelieferte Wärmemenge dieselbe, nämlich 8080 Wärmeeinheiten; zieht man von dieser Wärmemenge diejenige ab, welche die von einem Kilogramm Brennmaterial gebildeten Verbrennungsgase mit sich in den Schornstein nehmen, so erhält man offenbar, abgesehen von einigen Nebenverlusten, die Wärmemenge, welche in den Kessel gegangen ist und eine derselben genau entsprechende Menge Dampf erzeugt hat.

In der ersten Anlage sind aus jedem Kilogramm Kohlenstoff 12,4 kg Verbrennungsgase gebildet worden, welche mit  $250^{\circ}\text{C}$  in den Schornstein gehen; folglich beträgt die in denselben noch enthaltene Wärmemenge  $12,4 \times 0,25 \times 250 = 775$  Wärmeeinheiten, und es sind in den Kessel gebracht worden  $8080 - 775 = 7305$  Wärmeeinheiten oder  $\frac{7305}{8080} = 90$  Prozent der entwickelten Wärme. Bei der zweiten Anlage enthalten die in den Schornstein eintretenden 23,8 kg Verbrennungsgase noch  $23,8 \times 0,25 \times 250 = 1487$  Wärmeeinheiten, und beträgt die in den Kessel gegangene Wärmemenge  $8080 - 1487 = 6593$  Wärmeeinheiten, mithin nur  $\frac{6593}{8080} = 81$  Prozent der entwickelten Wärme oder 9 Prozent weniger, wie in der ersten Anlage. In der dritten Anlage endlich führen

die 35,2 kg Verbrennungsgase  $35,2 \times 0,25 \times 250 = 2200$  Wärme-  
einheiten mit sich fort, und sind nur  $8080 - 2200 = 5880$  Wärme-  
einheiten oder  $\frac{5880}{8080} = 72$  Prozent der entwickelten Wärme in den  
Kessel gegangen. Dies ergiebt der ersten Anlage gegenüber einen  
Mehrverlust von 18 Prozent. Oder anders ausgedrückt: Sind in  
der ersten Anlage mit einer gewissen Brennmaterialmenge 90 kg  
Dampf erzeugt worden, so beträgt die mit der gleichen Brenn-  
materialmenge erzielte Dampfmenge in der zweiten Anlage nur  
81 kg, in der dritten aber gar nur 72 kg.

Der besseren Uebersicht halber sind die erhaltenen Zahlen in  
die folgende kleine Tabelle gebracht worden:

Luftzuführung bei der Verbrennung zu Kohlenäure	1. Anlage. Die theoretisch erforderliche Luftmenge	2. Anlage. Das Doppelte der theoretisch erforderlichen Luftmenge	3. Anlage. Das Dreifache der theoretisch erforderlichen Luftmenge
Menge der Verbrennungs- gase aus einem Kilogramm Kohlenstoff . . . . .	12,4 kg	23,8 kg	35,2 kg
Entwickelte Wärmeeinheiten	8080	8080	8080
Verbrennungs = Temperatur der Gase . . . . .	2608 ° C	1356 ° C	916 ° C
Schornsteintemperatur . .	250 ° C	250 ° C	250 ° C
In den Kessel gebrachte Wärmeeinheiten von je- dem Kilogramm des ver- brannten Kohlenstoffes .	7305	6593	5880
Verlust durch den Schorn- stein in Prozenten . .	10 %	19 %	28 %

Man sieht hieraus, welchen schwerwiegenden Einfluß die Menge  
der bei der Verbrennung des Kohlenstoffes zugeführten Luft auf die  
Ausnützung der von dem Brennmaterial entwickelten Wärme ausübt.  
Die Erzeugung einer verhältnißmäßig geringen Menge von Ver-  
brennungsgasen mit hoher Temperatur erweist sich am vortheil-  
haftesten.

Es ist selbstverständlich, daß sich bei der Verbrennung des  
Wasserstoffes mit verschiedenen Luftmengen ganz Gleichartiges er-  
geben muß; es kann daher eine weitere derartige Berechnung für  
diesen Körper unterbleiben.

Die bisherigen Betrachtungen über die Verbrennung lassen sich jetzt in folgenden Hauptsatz zusammen fassen: Soll die in dem Brennmaterial schlummernde und bei der Verbrennung zur Entwicklung kommende Wärme in möglichst vollkommener Weise nutzbar gemacht werden, so hat der Heizer dafür zu sorgen, daß dem Brennmaterial stets die genügende Luftmenge zugeführt wird, damit aller Kohlenstoff vollständig zu Kohlensäure und der Wasserstoff zu Wasserdampf verbrennen kann; die Luftzuführung darf indessen niemals unnöthig groß gemacht werden, weil jedes Uebermaß von Luft sofort zu Verlusten führt.

In diesem wichtigen Satze liegt nun die ganze Kunst des sparsamen Heizens verborgen, und aus ihm lassen sich auch die Regeln ableiten, welche man befolgen muß, wenn man mit einer bestimmten Brennmaterialmenge möglichst viel Wasser in Dampf verwandeln will.

Ehe jedoch an die Aufstellung dieser wichtigen Regeln gegangen werden kann, muß erst noch eine Erörterung vorausgehen. Es darf nämlich der Umstand nicht unbeachtet bleiben, daß man es im Dampfkesselbetriebe nicht mit der Verbrennung von einfachem Kohlenstoff und Wasserstoff zu thun hat, sondern mit der Verbrennung von Brennmaterialien, das heißt Körpern, welche in sehr verschiedener Weise aus Kohlenstoff, Wasserstoff und zahlreichen anderen Urstoffen oder Elementen zusammengesetzt sind. Betrachtet man aber einmal die Art und Weise, in welcher die Verbrennung dieser zusammengesetzten Körper vor sich geht, etwas näher, so ergiebt sich Folgendes:

Um das Brennmaterial zur Verbrennung zu bringen, breitet man es bekanntlich auf einer Platte aus, welche mit zahlreichen Oeffnungen versehen ist, und zündet es an. Die durchlöchernte Platte, auf welche das Brennmaterial gelegt wird, nennt man einen Kof. Durch einen Schornstein oder auf andere künstliche Weise wird nun ununterbrochen atmosphärische Luft herbei geholt und gezwungen, durch die Koföffnungen hindurch zu dem Brennmaterial zu strömen, welches allmählich verzehrt und umgewandelt wird; die brennbaren Bestandtheile des Brennmaterials verbinden sich hierbei mit dem Sauerstoff der Luft zu verschiedenen Gasarten, welche entweichen, während die unverbrennlichen Bestandtheile als Asche oder Schlacke zurückbleiben.

Das Brennmaterial, welches aus größeren oder kleineren einzelnen Stücken besteht, wird in einer mehr oder weniger hohen Schicht auf dem Kofe ausgebreitet. Zwischen den einzelnen Brennmaterialstücken bilden sich zahlreiche Zwischenräume, durch welche sich die zuströmende Luft hindurch winden muß; sie prallt auf ihrem Wege

natürlich häufig an Brennmaterialstücke, die ihr im Wege liegen, an und ist dann gezwungen, sich um dieselben herum zu bewegen. Gerade auf diese Weise aber wird es erst möglich, daß nach und nach auch genügend viele der in der Luft vertheilten Sauerstofftheilchen mit dem Brennmaterial in Berührung kommen und an der Verbrennung thätigen Antheil nehmen.

Wird der Feuerung frisches Brennmaterial zugeführt, so ist dasselbe kalt und muß erst erhitzt werden, ehe es sich entzündet und von selbst weiter brennt. Die hierzu erforderliche Wärme liefert das auf dem Koste bereits in lebhafter Verbrennung befindliche Brennmaterial. Während und in Folge dieser Erhitzung entweicht nun zunächst das in dem meistens feuchten Brennmaterial enthaltene Wasser als Wasserdampf. Hierauf wird das im Brennmaterial befindliche Wasserstoffgas ausgetrieben, und werden bei allen Brennmaterialien, mit Ausnahme des Kokes und der Holzkohle, längere oder kürzere Zeit hindurch an der Oberfläche und im Inneren des Brennmaterialstückes neben Kohlenoxydgas eine große Menge von brennbaren Gasen und Dämpfen gebildet, welche in verschiedener Weise aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt sind und Kohlenwasserstoffe heißen. Das gesammte Gasgemisch ist nichts anderes, als rohes Leuchtgas; die Dämpfe nennt man im flüssigen Zustand Theer.

Die im Innern des Brennmaterialstückes sich bildenden Gase und Dämpfe zertreiben dasselbe oft mit großer Gewalt und brechen aus demselben in Strahlen hervor, oder blähen es auf, wenn das Brennmaterial eine backende oder schmelzende Kohle ist. Durch diese Vorgänge wird aber ein wichtiger Zweck erfüllt; das Brennmaterialstück wird durch dieselben aufgelockert, zerkleinert oder porös gemacht, und auf diese Weise der Luft das Eindringen in das Brennmaterial zum Zwecke der weiteren Verbrennung außerordentlich erleichtert.

Damit das gebildete, aus Wasserstoff, Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffen, also lauter brennbaren Körpern, bestehende Gemisch verbrennen kann, muß es natürlich mit der zu seiner Verbrennung nöthigen Luftmenge versehen und vermischt, außerdem aber auch entzündet, also auf die erforderliche hohe Entzündungstemperatur gebracht werden. Sind alle diese Bedingungen erfüllt worden, so wird auch eine vollständige Verbrennung des Gemisches erzielt, und es entsteht dann aus dem Wasserstoff Wasserdampf und aus dem Kohlenoxydgas Kohlenensäure, während die Kohlenwasserstoffe in ihre Bestandtheile, Kohlenstoff und Wasserstoff, zerfallen und ebenfalls zu Kohlenensäure und Wasserdampf verbrennen; bei der Verbrennung der Kohlenwasserstoffe bilden sich aber lange, leuchtende Flammen,

deren Leuchten von dem in der Flamme schwebenden, fein vertheilten, glühenden Kohlenstoff verursacht wird.

Aber selbst wenn das Gemisch noch hoch genug erhitzt wird, um sich zu entzünden, kann doch die Verbrennung desselben eine mangelhafte sein. Dieser Fall tritt ein, wenn demselben weniger, als die zur Verbrennung nöthige Luftmenge zugeführt worden ist. Dann verbrennt zwar der Wasserstoff und ein Theil des Kohlenoxydes und der Kohlenwasserstoffe; ein anderer Theil dieser Gase und Dämpfe aber bleibt unverbrannt oder verbrennt insofern mangelhaft, als von den Kohlenwasserstoffen nur der leichter verbrennliche Wasserstoff vollständig zur Verbrennung gelangt, während der von diesem Wasserstoffe getrennte Kohlenstoff unverbrannt bleibt, das heißt, als Ruß ausgeschieden wird und in der weithin sichtbaren Form einer schwarzen Rauchwolke dem Schornstein entquillt. Die Verbrennung des Gemisches ist dann eine unvollständige. Daß eine solche unvollständige Verbrennung die Wärmeentwicklung schmälert und Verluste herbeiführt, liegt auf der Hand.

Wird dagegen das Gemisch von brennbaren Gasen und Dämpfen nicht bis zur Entzündungstemperatur erhitzt, so entweicht es unverbrannt als Rauch; es führt dies natürlich zu einem Verluste, weil eine beträchtliche Menge von Wärme in Folge der unterbliebenen Verbrennung gar nicht zur Entwicklung kommt.

Das von dem frischen Brennmaterial entwickelte Gemisch von Gasen und Dämpfen liefert bei seiner vollständigen und regelrechten Verbrennung selbstverständlich auch eine ganz bestimmte Menge Wärme. Es ist wohl ohne Weiteres klar, daß die Verbrennung des Gemisches mit einem unnöthig großen Luftüberschusse die Nutzbarmachung der gewonnenen Wärme in ganz ähnlicher Weise nachtheilig beeinflussen wird, wie dies früher für den Kohlenstoff nachgewiesen wurde.

Also auch die aus dem frischen Brennmaterial sich entwickelnden Gase und Dämpfe müssen stets vollständig, aber mit mäßigem Luftüberschusse verbrannt werden, wenn die Entwicklung und Ausnutzung der in diesen brennbaren Körpern schlummernden Wärme eine möglichst vollständige und gute werden soll.

Sind aber nun alle jene Gase und Dämpfe aus dem frisch zugeführten Brennmaterial ausgetrieben worden, so besteht dasselbe in der Hauptsache nur noch aus Kohlenstoff und den später die Asche oder Schlacke bildenden Bestandtheilen und ist demnach ein dem Koks oder der Holzkohle ganz ähnlicher Körper geworden.

In der den Koks bedeckenden, jetzt durchweg glühenden Brennmaterialschicht geht die Verbrennung in folgender Weise vor sich:

Unmittelbar über dem Roste und in dem unteren Theile der Schicht ist der Sauerstoff in großem Ueberflusse vorhanden, und erfolgt daher die Verbrennung des Kohlenstoffes stets zu Kohlensäure. Dem oberen Theile der Schicht strömt also ein Gemisch von Kohlensäure und Luft zu, welche letztere aber sauerstoffärmer und stickstoffreicher ist, wie die natürliche Luft. Es findet nun zwar in dem oberen Theile der Schicht, da immer noch sehr viel Sauerstoff vorhanden ist, einerseits eine weitere Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlensäure statt; andererseits bildet sich aber auch bei der Berührung zwischen Kohlenstoff und Kohlensäure durch Aufnahme von Kohlenstoff Kohlenoxydgas, welches sich von Neuem mit Luft mischt und mit dem Sauerstoff derselben noch innerhalb oder auch außerhalb der Brennmaterialschicht wieder zu Kohlensäure verbrennt.

Wie man durch Versuche nachweisen kann, wird bei der Umwandlung der Kohlensäure in Kohlenoxydgas Wärme verbraucht; die Menge dieser Wärme ist aber genau so groß, wie diejenige, welche bei der Verbrennung des Kohlenoxydes zu Kohlensäure wieder erzeugt wird. Spielen sich daher diese beiden Vorgänge nach einander ab, so wird hierbei weder Wärme gewonnen, noch verloren, und das Endergebniß an Wärme ist immer genau dasselbe, wie bei der einmaligen, unmittelbaren Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlensäure.

Nun soll stets die Verbrennung des Kohlenstoffes eine vollständige mit mäßigem Luftüberschusse sein; dann muß aber die Verbrennung in der glühenden Brennmaterialschicht offenbar so erfolgen, daß aller Kohlenstoff und auch alles gebildete Kohlenoxydgas zu Kohlensäure verbrennt, und daß schließlich nur wenig freier Sauerstoff übrig bleibt. Hierzu ist die Zuführung einer richtig bemessenen Menge Luft die Grundbedingung.

Ist dagegen die Luftzuführung eine zu geringe, so wird das entgaste Brennmaterial nur theilweise vollständig zu Kohlensäure verbrannt; ein Theil desselben aber verbrennt unvollständig, d. h. zu Kohlenoxydgas, welches nicht weiter zu Kohlensäure verbrennen kann, weil es an Sauerstoff fehlt, und es wird dann weniger Wärme entwickelt, als bei vollständiger Verbrennung erhalten werden könnte.

Ist endlich die Luftzuführung eine zu reichliche, so wird zwar die Verbrennung und Wärmeentwicklung eine vollständige, aber die Ausnützung der Wärme eine weniger gute.

Das entgaste Brennmaterial, welches in der Hauptsache nur aus Kohlenstoff und Asche besteht, muß also ebenfalls vollständig, aber mit mäßigem Luftüberschusse verbrannt werden, wenn die Entwicklung und Ausnützung der Verbrennungs-

wärme desselben zu einer vollständigen und recht vortheilhaften werden soll.

Die Gase, die dem Schornsteine entströmen, werden demnach bei der besten Verbrennung immer zusammengesetzt sein aus Kohlensäure, etwas Wasserdampf, so lange auf dem Roste von dem frischen Brennmaterial noch Gase und Dämpfe entwickelt werden, einer geringen Menge von überschüssigem Sauerstoff und dem mit der Luft zugeführten Stickstoff. Der letztere hat zwar zur Verbrennung nicht das Geringste beigetragen, ja, er nimmt sogar einen beträchtlichen Theil der entwickelten Wärme, welcher verloren geht, mit sich in den Schornstein; seine Anwesenheit ist aber nicht zu umgehen. Nach dem Aufgeben frischen Brennmaterials nimmt die Wasserdampfmenge natürlich etwas zu.

Wenn dagegen die Verbrennung auf dem Roste eine schlechte oder fehlerhafte ist, so enthalten die dem Schornstein entströmenden Gase entweder noch unverbranntes Kohlenoxydgas, unverbrannte Kohlenwasserstoffe als Rauch und unverbrannten Kohlenstoff in Gestalt von Ruß, oder auch viel überschüssige Luft.

Die Wärmemenge, welche bei der vollständigen Verbrennung eines Kilogramm Brennmaterials entwickelt wird, nennt man die Heizkraft desselben; dieselbe kann durch Versuche ebenso ermittelt werden, wie dies mit den Verbrennungswärmen des Kohlenstoffes und des Wasserstoffes durch Favre und Silbermann geschehen ist.

Aber auch auf eine zweite Art läßt sich die Heizkraft eines Brennmaterials bestimmen; ist nämlich die Zusammensetzung desselben bekannt, so kann die bei vollständiger Verbrennung zu erwartende Wärme im Voraus berechnet werden.

Für den im Brennmaterial enthaltenen Kohlenstoff ist diese Rechnung eine sehr einfache; denn so viele Kilogramm Kohlenstoff in 100 kg Brennmaterial enthalten sind, so viel mal 8080 Wärmeinheiten werden bei seiner Verbrennung zu Kohlensäure entwickelt.

Bei dem Wasserstoff ist dagegen zu berücksichtigen, daß nicht das volle, im Brennmaterial enthaltene Gewicht desselben in Rechnung gezogen werden darf; es ist nämlich nur ein Theil desselben als sogenannter freier Wasserstoff vorhanden, während der andere, unfreie oder gebundene, mit dem vollen Sauerstoffgehalt des Brennmaterials verbunden ist und das im Brennmaterial enthaltene Wasser bildet. Nun besteht aber bekanntlich das Wasser aus einem Gewichtstheil Wasserstoff und 8 Gewichtstheilen Sauerstoff; wird demnach die im Brennmaterial enthaltene Sauerstoffmenge durch 8 dividirt, so ergiebt dies die Wasserstoffmenge, welche mit dem Sauerstoff des Brennmaterials zu Wasser verbunden ist.

Die gebundene Wasserstoffmenge kann erst eine freie werden, wenn das in Dampfform übergegangene Wasser des Brennmaterials einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt wird, unter welchen Verhältnissen es in seine Bestandtheile, Wasserstoff und Sauerstoff, zerfällt. Bei dieser Zersetzung wird aber Wärme verbraucht, deren Menge genau so groß ist, wie die bei der Verbrennung des Wasserstoffs zu Wasserdampf sich entwickelnde. Wird daher erst Wasser zerlegt, um Wasserstoff zu erhalten, und nachher dieser Wasserstoff wieder verbrannt, so kann hierbei, ähnlich wie bei der Bildung von Kohlenoxydgas aus Kohlenäure und der nachherigen Wiederverbrennung dieses Gases zu Kohlenäure, ebensowenig Wärme gewonnen, wie verloren werden.

Soll die aus dem Wasserstoffgehalte des Brennmaterials zu erwartende Wärmemenge berechnet werden, so muß also die an den Wassergehalt des Brennmaterials gebundene Wasserstoffmenge von der gesammten abgezogen, und darf nur der übrig bleibende, freie Wasserstoff in Rechnung gebracht werden, von welchem dann jedes Kilogramm bei seiner Verbrennung 34462 Wärmeeinheiten erwarten läßt.

Die Summe der aus dem Kohlenstoff und dem freien Wasserstoff des Brennmaterials berechneten Wärmemengen ergiebt schließlich die bei der Verbrennung zu erwartende Wärmemenge oder die Heizkraft des Brennmaterials.

In der zweiten Spalte der im vierten Abschnitt mitgetheilten Tabelle sind die berechneten Heizkräfte der gebräuchlichen Brennmaterialien und zwar für je ein Kilogramm derselben bei mittlerer Güte angegeben.



## Dritter Abschnitt.

### Das sparsame und rauchfreie Heizen.

Inhalt: Die Entwicklung der Regeln für das sparsame und rauchfreie Heizen: 1. Die Vorbereitung des Brennmaterials (geeignete Stückgröße). 2. Die Unterhaltung der Brennmaterialschicht. 3. Das Heizen nach dem Dampfverbrauch (Zusammenhang zwischen Luftmenge, Schichthöhe und Kofslächengröße). 4. Der Einfluß der Verschlackung auf die Schichthöhe. 5. Die Zuführung des frischen Brennmaterials. 6. Die niederbrennende Schicht. 7. Das Schüren und Abschlacken. — Zusammenstellung der Regeln. — Die Gewährung von Kohlenprämien; ein Wettheizversuch.

Nach den wichtigen Erörterungen des zweiten Abschnittes kann nunmehr unter Zuhilfenahme des dort entwickelten Hauptsatzes an die Aufstellung der Regeln für das sparsame und zugleich rauchfreie Heizen gegangen werden. Dieselben ergeben sich aus folgenden Betrachtungen:

I. Damit möglichst viele der in der Luft enthaltenen Sauerstofftheilchen an der Verbrennung theilnehmen, ist es offenbar nothwendig, die in mehr oder weniger starken Strahlen durch die Brennmaterialschicht hindurch strömende Luft mit einer genügend großen Brennmaterialoberfläche in Berührung zu bringen. Große Brennmaterialstücke bieten aber im Verhältnisse zu ihrem Gewicht der Luft nur wenig Oberfläche dar und lassen zwischen sich weite Zwischenräume; eine große Anzahl Sauerstofftheilchen der hierdurch gebildeten starken Luftströme kommen daher gar nicht mit der verhältnißmäßig kleinen Oberfläche des Brennmaterials in Berührung und nehmen an der Verbrennung keinen Antheil. Soll trotz dieser ungünstigen Umstände der Sauerstoff der Luft möglichst vollständig ausgenützt und eine Verbrennung mit zu großem Luftüberschusse vermieden werden, so ist dies nur zu erreichen durch die Herstellung und Innehaltung einer sehr hohen Schicht großer Brennmaterialstücke. Die Vertheilung und hohe Aufschichtung großer Stücke

auf den Kofst ist aber jedenfalls eine recht unbequeme und schwierige Arbeit. Der Heizer thut daher weit besser, das Brennmaterial in kleinen Stücken zu verwenden; denn diese besitzen im Verhältnisse zu ihrem Gewicht weit mehr Oberfläche, lassen zwischen sich nur enge Zwischenräume, theilen also die Luft in dünnere Ströme und zehren den Sauerstoff der Luft viel rascher auf, wobei sie auch weit leichter und müheloser nach jedem beliebigen Punkt des Kofstes vertheilt werden können. Je kleiner die Stücke sind, um so günstiger werden diese Verhältnisse; um so weniger hoch braucht dann die Schicht zu sein.

Der sorgsame Heizer wird also Kohle, welche vom Schacht in großen Stücken geliefert wird, stets vor dem Aufgeben zerkleinern, und zwar im Allgemeinen bis zu einem Grade, bei welchem das Durchfallen durch die Kofstspalten noch hinreichend verhindert wird, d. h. bis zu Ei- oder Nußgröße. Nur bei Kohlen, welche stark schmelzen und zusammenbacken, wodurch der Luft der Zutritt erschwert wird, sowie auch bei mangelhaftem Zug infolge ungenügenden Schornsteins, sind faustgroße, weniger dicht zusammenbackende und größere Zwischenräume lassende Stücke anzuwenden, um der Luft den Durchgang durch die Brennmaterialschicht zu erleichtern.

Damit aber schließlich alle Brennmaterialstücke in möglichst gleich guter und rascher Weise zur Verbrennung kommen, müssen dieselben vom Heizer auch alle in ziemlich gleicher Größe dem Feuer zugeführt werden.

II. Läßt der Heizer Stellen des Kofstes ganz unbedeckt von Brennmaterial, so strömt durch dieselben eine große Menge von Luft ein, welche ganz unwirksam bleibt und den Luftüberschuß unnöthiger Weise erhöht; ein solcher Zustand ist natürlich schädlich. Der Heizer muß daher besorgt sein, stets alle Stellen des Kofstes mit Brennmaterial bedeckt zu halten.

Aber selbst Ungleichheiten in der Dicke der Brennmaterialschicht wirken leicht nachtheilig. An den zu dick belegten Stellen des Kofstes liegt die Möglichkeit nahe, daß es an Sauerstoff fehlt, und die Verbrennung infolge von Sauerstoffmangel zu einer unvollständigen wird. An den zu dünn belegten Stellen kommt dagegen eine große Menge von Sauerstofftheilchen mit dem wenigen Brennmaterial gar nicht in Berührung und trägt demnach auch nichts zur Verbrennung bei; die Verbrennung wird also an diesen Stellen mit einem zu großen Luftüberschusse erfolgen. Nun kann zwar außerhalb der Brennmaterialschicht noch ein Ausgleich stattfinden, indem eine nachträgliche Verbrennung der sich mit der überschüssigen

Luft mischenden, noch brennbaren Gase eintritt; doch geschieht dies nur, wenn die Vermischung dieser Theile eine gute und die erforderliche Entzündungstemperatur vorhanden ist. Es wird daher besser sein, wenn die Verbrennung gleich von Haus aus auf allen Theilen des Kofes in gleich guter Weise vor sich geht.

Der Heizer wird demnach dafür zu sorgen haben, daß alle Theile des Kofes stets möglichst gleich hoch mit Brennmaterial bedeckt sind.

III. Wird einem Dampfkessel mehr Dampf entnommen, als derselbe erzeugt, so macht sich dies dem Heizer sofort durch Sinken des Dampfdruckes bemerkbar; der Zeiger des Dampfdruckmessers oder Manometers geht zurück. Nun ist es aber in den meisten Fällen und besonders bei der Verwendung des Dampfes zum Betriebe von Dampfmaschinen erwünscht und nothwendig, immer mit gleichmäßig hohem Dampfdruck arbeiten zu können. Der Heizer wird daher bemüht sein müssen, dem Sinken des Druckes durch eine dem größeren Dampfverbrauche entsprechend stärkere Dampferzeugung entgegen zu wirken. Soll der Kessel aber mehr Dampf wie bisher erzeugen, so muß jetzt auch mehr Wärme entwickelt und dem Kessel zugeführt werden; der Heizer muß also eine vermehrte Verbrennung von Brennmaterial herbei zu führen suchen. Diesen Zweck erreicht der Heizer bekanntlich dadurch, daß er den Zug durch Heben des Essenschiebers oder der Aschenfallklappe oder andere künstliche Hilfsmittel verstärkt, wodurch dem Kofe mehr Luft zugeführt, und die Verbrennung beschleunigt wird.

Verringert sich dagegen der Dampfverbrauch, so merkt dies der Heizer am Steigen des Dampfdruckes und schließlichen Abblasen der Sicherheitsventile; die Wärmeentwicklung und Dampferzeugung ist demnach jetzt zu vermindern, zu welchem Zwecke der Heizer den Zug durch Herablassen des Essenschiebers oder auf andere Weise zu dämpfen hat, um hierdurch die Luftzuführung zu vermindern und die Verbrennung zu verlangsamen.

Der gute, mit dem Brennmaterial sparsam umgehende Heizer wird nun jedenfalls mit allen ihm zu Gebote stehenden Mitteln dahin zu streben haben, daß die Verbrennung unter allen Umständen, gleichgültig, ob sie rascher oder langsamer zu erfolgen hat, doch stets zu einer guten, also vollständigen, aber mit mäßigem Luftüberschusse sich vollziehenden wird. Es soll gleich gezeigt werden, auf welche Weise dieses Ziel zu erreichen ist, und welche Hindernisse dem Heizer die Lösung dieser Aufgabe manchmal unmöglich machen.

Tritt ein Sauerstofftheilchen an einen Punkt des Brenn-

materialstückes heran und spielt sich ein Verbrennungsvorgang ab, so muß sich das hierbei entstehende Gastheilchen erst entfernt haben, ehe ein zweiter solcher Vorgang stattfinden kann. Damit daher möglichst viele Sauerstofftheilchen der Luft auf ihrem Wege durch die Brennmaterialschicht rechtzeitig mit dem Brennmaterial in Berührung kommen, und sich möglichst wenige der Theilnahme an der Verbrennung entziehen, muß dem Luftstrom eine genügend große Brennmaterialoberfläche dargeboten werden. Je mehr nun Luft dem Koste zugeführt wird, desto mehr Brennmaterialoberfläche müssen die in dieser Luft enthaltenen Sauerstofftheilchen vorfinden; diesem Erforderniß wird genügt, wenn die Luft gezwungen wird, einen entsprechend längeren Weg innerhalb der Brennmaterialschicht zurückzulegen, zu welchem Zweck aber nur die Höhe der Brennmaterialschicht entsprechend vermehrt zu werden braucht.

Je größer demnach die Menge der dem Koste zugeführten Luft ist, um so mehr Brennmaterial wird verbrannt; eine um so höhere Schicht von Brennmaterial hat auch der Heizer auf dem Koste zu unterhalten, um immer dieselbe gute Verbrennung zu erzielen.

Es können nun aber bei zwei verschiedenen Feuerungen in der gleichen Zeit gleich große Luftmengen zugeführt und gleich große Mengen Brennmaterial derselben Art gleich gut verbrannt worden sein, ohne daß deshalb die Brennmaterialschichten der beiden Feuerungen dieselbe Höhe besaßen. Waren nämlich die Flächen der Brennmaterialschicht oder, was dasselbe sagen will, die Größen der Kostfläche verschiedene, so mußten sogar die Schichthöhen verschiedene sein, wenn eine gleich gute Verbrennung erzielt werden sollte. Denn je größer die Kostfläche ist, eine desto geringere Luftmenge entfällt auf einen bestimmten Theil, etwa den Quadratmeter dieser Fläche; eine desto geringere Schichthöhe ist aber dann anzuwenden. Bei einer kleinen Kostfläche kehrt sich dagegen dieses Verhältniß um; es muß hier eine hohe Brennmaterialschicht unterhalten werden.

Soll daher auf einem Koste in einer gewissen Zeit eine bestimmte Brennmaterialmenge recht gut, d. h. vollständig, aber mit mäßigem Luftüberschusse verbrannt werden, so muß der Heizer außer für die Zuführung einer richtig bemessenen Luftmenge für die beständige Unterhaltung einer Brennmaterialschicht Sorge tragen, deren Höhe um so größer zu sein hat, je kleiner der Koste ist.

Es könnte jetzt die Meinung entstehen, daß es für die Erzielung einer guten Verbrennung ganz gleichgültig sei, wie groß der Koste ist, auf welchem die Verbrennung vorgenommen wird; wenn nur immer die Luft in richtiger Menge zugeführt wird, und die Schichthöhe des Brennmaterials mit der Kostegröße im Einklang

steht. Ist dieser Gedanke auch an und für sich richtig, so findet doch seine Ausführung bald ihre Grenzen.

Soll eine bestimmte Brennmaterialmenge in einer bestimmten Zeit auf einem verhältnißmäßig sehr großen Koste gut verbrannt werden, so wird der Luftzutritt auf allen Theilen des Kostes nur ein schwacher sein und den Kost eine nur dünne Schicht Brennmaterial bedecken müssen; das Feuer ist dabei ein mattes, mehr glimmendes. Die beständige Unterhaltung einer gleichmäßig dünnen Brennmaterialschicht ist aber sehr schwierig; immer und immer wieder wird es dem Heizer begegnen, daß auf einzelnen Stellen des Kostes das Brennmaterial rascher verzehrt wird oder auch ganz verschwindet. Durch die sehr dünn oder ganz leer gewordenen Stellen strömt jetzt eine Menge Luft ein, welche zu einem großen Luftüberschusse führt und die Ausnützung der entwickelten Wärme in nachtheiliger Weise beeinflusst. Um dem Kessel die erforderliche Wärmemenge zuzuführen, muß daher weit mehr Brennmaterial aufgewendet werden, als dies bei regelrechter Verbrennung nothwendig wäre.

Soll es demnach dem Heizer möglich sein, eine gute Verbrennung ohne zu großen Luftüberschuß zu erzielen, so darf die Fläche des Kostes, welchen er zu bedienen hat, nicht unnöthig groß sein, damit die Brennmaterialschichthöhe nicht unter ein gewisses Maß herabzugehen braucht. Ist aber eine Kesselanlage mit einem zu großen Koste versehen worden, so liegt es, nebenbei bemerkt, auch in der Hand des Heizers, auf eine sehr einfache Weise eine bessere Verbrennung und wesentliche Kohlenersparnisse herbeizuführen; er hat dann nur die Kostfläche etwas zu verkleinern, was einfach durch die Abdeckung eines Theiles derselben mit Chamottesteinen erzielt wird.

Offenbar ist es weit besser, einen kleinen Kost und eine hohe Brennmaterialschicht anzuwenden, weil dann die Ungleichheiten der Schicht an Einfluß verlieren, die Verbrennung auch an den etwas dünneren Stellen weniger leicht mit zu großem Luftüberschusse erfolgt, und möglichst wenige der in der zugeführten Luft enthaltenen Sauerstofftheilchen sich der Theilnahme an der Verbrennung entziehen können. Dann müssen aber natürlich auch allen Theilen des Kostes verhältnißmäßig größere Luftmengen zugeführt werden, oder der Zug muß ein entsprechend schärferer sein.

Die hohe Brennmaterialschicht und der kleinere Kost mit weniger Kostspalten haben indessen zur Folge, daß die durch den Kost und die Schicht sich hindurch drängende und an den Brennmaterialstücken reibende Luft in ihrer Bewegung auch weit mehr gehemmt wird, als dies bei einem größeren, die Luft infolge seiner

zahlreicheren Oeffnungen leichter durchlassenden Kofst und einer niedrigeren Brennmaterialschicht der Fall ist. Setzt sich aber der Bewegung der Luft ein größerer Widerstand entgegen, so muß auch die Zugkraft des Schornsteines eine größere sein, um diesen Widerstand zu überwinden und die erforderliche Luftmenge durch den Kofst und die Brennmaterialschicht hindurch zu treiben. Nun wächst aber, wie später noch nachgewiesen werden soll, die Zugkraft eines Schornsteines außer mit der Temperatur der in dem Schornstein eingeschlossenen und abziehenden Gase mit der Menge derselben, d. h. mit der Höhe und Weite des Schornsteins; es muß daher der erforderlichen größeren Zugkraft wegen die Kesselanlage mit einem höheren und weiteren Schornstein versehen werden.

Daß ein kleinerer Kofst und schärferer Zug weit sicherer zu einer guten Verbrennung führen, ist übrigens erst in den letzten Jahrzehnten mehr und mehr erkannt und gewürdigt worden. Die neueren Kesselanlagen werden stets mit viel kleineren Kofsten ausgerüstet und erhalten des erforderlichen schärferen Zuges wegen weit mächtigere und kostspieligere Schornsteine, wie früher. Manche Anlagen werden wohl auch, wenn ein hoher Schornstein nicht anwendbar ist, mit Vorrichtungen versehen, welche auf künstliche Weise sehr scharfen Zug erzeugen, welche Art der Zugerzeugung indessen noch theurer zu stehen kommt, als der größere Schornstein. In der Regel machen sich aber diese Mehrausgaben durch die eintretenden Brennmaterialersparnisse in kurzer Zeit bezahlt.

Soll demnach eine gewisse Brennmaterialmenge in einer bestimmten Zeit auf einem verhältnißmäßig kleinen Kofste gut verbrannt werden, so ist dies nur möglich, wenn die hierzu nöthige starke Zugkraft vorhanden ist. Fehlt es dagegen der Anlage an Zugkraft, so ist der Heizer auch trotz des vollgeöffneten Essenschiebers oder trotz der Einstellung des schärfsten Zuges nicht im Stande, eine regelrechte Verbrennung zu erzielen, weil ihm das Mittel fehlt, die zur Verbrennung erforderliche Luftmenge durch den Kofst und die Brennmaterialschicht hindurch zu treiben. Die Verbrennung leidet dann an Luftmangel, und die dem Schornsteine entweichenden Gase enthalten Kohlenoxydgas, wohl auch Kohlenwasserstoffe, und unverbrannten Kohlenstoff in Gestalt von Ruß; der Schornstein raucht stark. Dann ist aber auch der Brennmaterialverbrauch für die zu erzeugende Dampfmenge ein weit größerer, als er bei guter Verbrennung sein würde.

Befäße der Schornstein gerade noch ausreichende Zugkraft, um die verlangte Verbrennung auf einem zweckmäßiger bemessenen Kofste gut durchführen zu lassen, so müßte, um den Brennmaterial-

verbrauch zu vermindern, an eine Vergrößerung des Kofes gegangen werden. Reicht dieses Mittel aber allein nicht aus, so hat dann neben der Vergrößerung des Kofes auch eine Verstärkung der Zugkraft, sei es durch Erhöhung des vorhandenen Schornsteines oder durch Erbauung eines neuen, höheren und weiteren Schornsteines oder endlich durch Zuhilfenahme eines künstlichen Zugerzeugungsmittels stattzufinden.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich mit Klarheit, daß dem Heizer, wenn es ihm möglich sein soll, die Verbrennung stets zu einer recht vortheilhaften zu machen, einerseits ein Kost von einer Größe gegeben sein muß, welche der Menge des zu verbrennenden Brennmaterials angemessen ist; andererseits aber eine Zugkraft in Gestalt eines genügend hohen und weiten Schornsteines oder eines anderen Hilfsmittels, welches ihn in den Stand setzt, dem Brennmaterial auch stets die zur Verbrennung nöthige Luftmenge zuzuführen. Wie diesen Anforderungen genügt wird, soll bei Besprechung der Kofeinrichtungen und der Zugerzeugungsmittel gezeigt werden.

Kann man nun aber bei einer Anlage diese beiden Grundbedingungen für die Möglichkeit einer guten Verbrennung als erfüllt voraussetzen, so liegt die Frage gewiß auch sehr nahe, in welcher Höhe denn eigentlich der Heizer das Brennmaterial auf dem Kofe aufzuschichten hat, um mit Sicherheit eine gute Verbrennung zu erzielen.

Die Beantwortung dieser Frage ist nicht so einfach. Unter I. zeigte sich bereits, daß die anzuwendende Höhe der Schicht von der Stückgröße des Brennmaterials abhängig ist; je größer die einzelnen Stücke des Brennmaterials sind, eine um so höhere Schicht muß unterhalten werden. Ferner ergab sich eben jetzt, daß die Schichthöhe in demselben Maße zu- oder abzunehmen hat, in welchem die Luftzuführung oder Schärfe des Zuges zu- oder abnimmt; steht dem Heizer sehr scharfer Zug zur Verfügung, so kann er das Brennmaterial entsprechend höher aufschichten, von demselben aber auch auf der nämlichen Kostfläche wesentlich größere Mengen zur Verbrennung bringen. Drittens hat auch die Art des Brennmaterials auf die Höhe der Brennmaterialschicht Einfluß; jedes Brennmaterial verlangt bei derselben Zugstärke eine andere Schichthöhe.

Hängt demnach die anzuwendende Schichthöhe von drei völlig verschiedenen Dingen ab, so kann es offenbar auch nicht möglich sein, für dieselbe allgemein gültige, bestimmte Maße aufzustellen. Es läßt sich indessen einigermaßen ein Anhalt für die Beantwortung dieser wichtigen Frage gewinnen, wenn man sich an die Praxis wendet

und zusieht, wie dort in Anlagen verfahren wird, bei welchen das Brennmaterial sehr vollkommen zur Verbrennung gelangt. Da ergibt sich denn Folgendes:

Bei gewöhnlichem Schornsteinzug wird die zerkleinerte Stein- und Braunkohle meistens in etwa 10 cm hoher Schicht, der gröbere Koks aber in etwa 20 cm hoher Schicht verbrannt. Die klare und leichte Braunkohle muß in etwas dünnerer, etwa 5 bis 8 cm hoher Schicht verbrannt werden, damit die Luft die ziemlich dichte Schicht noch zu durchdringen vermag; hierbei hat aber auch der Zug immer ein mäßiger zu bleiben, damit nicht Brennmaterial unverbrannt mit fortgerissen und zum Schornsteine hinausgeblasen wird. Bei Locomotiven mit künstlichem scharfen Zuge soll die Schichthöhe für Stein- und Braunkohle etwa 20 bis 25 cm betragen.

Nach diesen etwas ausführlichen, aber sehr wichtigen Erörterungen kann nunmehr zu dem Ausgangspunkte derselben zurückgegangen und als eine weitere Regel für das richtige und sparsame Heizen aufgestellt werden, daß der Heizer die Verbrennung immer so zu leiten hat, daß der am Manometer sichtbar werdende Dampfverbrauch durch eine entsprechend starke Wärmeentwicklung und Dampferzeugung gedeckt wird, und der Dampfdruck ein möglichst gleich hoher bleibt. Dabei soll die Verbrennung stets eine vollständige, aber mit mäßigem Luftüberschusse sich vollziehende sein, was der Heizer dadurch erreicht, daß er die Schichthöhe des Brennmaterials und die Luftzuführung oder die Zugstärke, welche beide, je nach Bedarf, gleichzeitig zu vermehren oder zu vermindern sind, stets in das richtige Verhältniß zu einander bringt. Merkzeichen an der Stellung des Essenschiebers, nach welchen er die Höhe der Brennstoffschicht richtet, werden ihm hierbei von großem Nutzen sein.

Es ist ohne Weiteres einleuchtend, daß die gewissenhafte Befolgung dieser Regel von dem Heizer in besonderem Maße Aufmerksamkeit, Geschicklichkeit und Rührigkeit erfordert. Sein Bestreben, den Forderungen dieser Regel gerecht zu werden, stößt aber gerade deshalb auf besondere Schwierigkeiten, weil sich nicht ohne Weiteres erkennen läßt, ob die Luftzuführung richtig bemessen ist. Luftmangel macht sich zwar durch eine trübe Färbung der Flamme und stärkere Rauchbildung bemerkbar; ein zu großer Luftüberschuß hat dagegen keine besonderen Merkzeichen und läßt sich nur durch eine genaue Untersuchung der gebildeten Heizgase feststellen.

Es giebt für den Heizer nur ein einziges Kennzeichen dafür, daß er seine Sache richtig macht, den sparsameren Brennmaterialverbrauch; die Sparsamkeit des letzteren läßt sich aber nur durch aufmerksame, ununterbrochene Vergleichen des Brennmaterial- und



Speisewasserverbrauchs nachweisen. Zu dieser neuen, dem Heizer erwachsenden Arbeit gehört natürlich auch wieder Unverdroffenheit und Ausdauer; alle aufgewendete Mühe wird sich indessen bald glänzend bezahlt machen durch die nicht ausbleibenden, oft ganz bedeutenden Ersparnisse an Brennmaterial.

IV. Auf dem Koste lagern sich mit der fortschreitenden Verbrennung allmählich größere Mengen von Asche ab, welche bei geeigneter chemischer Zusammensetzung auch schmelzen und dann die sogenannte Schlacke bilden, eine todte, dem Brennmaterial den Platz raubende Masse. Es dürfte ohne Weiteres einleuchten, daß ein mit Schlackenstücken vermischtes Brennmaterial, wenn dasselbe regelrecht verbrannt werden soll, in höherer Schicht auf dem Kost gelagert werden muß, als das reine Brennmaterial.

Mit der zunehmenden Verschlackung des Kastes hat demnach der Heizer, um noch dieselbe gute Verbrennung zu erzielen, die Brennmaterialschicht allmählich höher zu unterhalten, als das reine Brennmaterial erfordern würde.

V. Infolge der fortschreitenden Verbrennung wird das auf dem Koste ruhende Brennmaterial nach und nach verzehrt; es muß daher dem Koste wieder frisches Brennmaterial zugeführt werden.

Das aus dem frisch zugeführten Brennmaterial, Koks und Holzkohle ausgenommen, sich längere Zeit hindurch in beträchtlichen Mengen entwickelnde Gemisch von brennbaren Gasen soll nun ebenfalls vollständig, aber mit mäßigem Luftüberschusse verbrannt werden, wenn die hierbei entwickelte Wärmemenge möglichst groß, und die Ausnützung derselben die beste sein sollen. Um diesen Zweck zu erreichen, ist es nur nothwendig, den zu verbrennenden Gasen eine richtige Menge von Luft zuzuführen und beizumischen, und dann dieses Gemisch auf eine genügend hohe Temperatur zu erhitzen, damit es zur Entzündung und Verbrennung gelangt. In welcher Weise sich die Verbrennung des Gemisches abspielt, darüber ist Seite 28 und folgende Näheres mitgetheilt worden.

Die Zuführung des frischen Brennmaterials kann nun entweder in Pausen stattfinden oder eine ununterbrochene sein. Auch kann hierbei auf zweierlei Weisen verfahren werden; entweder wird das frische Brennmaterial über die ganze Kostfläche gleichmäßig vertheilt, oder dasselbe wird immer nur einer Stelle des Kastes zugeführt.

Wird dem Koste das frische Brennmaterial in Pausen zugeführt, so stellen sich der vollständigen Verbrennung der sich ent-

wickelnden Gase oftmals große Schwierigkeiten entgegen; ja, unter Umständen wird sie ganz unmöglich.

Vertheilt der Heizer das frische Brennmaterial über den ganzen Kofst, und läßt er recht lange Pausen eintreten, ehe er wieder Brennmaterial aufwirft, so muß er natürlich jedes Mal dem Kofste eine sehr beträchtliche Menge Brennmaterial zuführen, welches die eben noch lebhaft brennende Brennmaterialschicht vollständig bedeckt, die Flamme derselben völlig erstickt und fast alle von der unteren, in lebhafter Verbrennung begriffenen Brennmaterialschicht entwickelte Wärme aufnimmt. Unter der Einwirkung dieser Wärme werden aus dem frisch zugeführten Brennmaterial mit einem Male große Mengen von Gasen entwickelt, welchen zunächst die zu ihrer Verbrennung nöthige Luft zuzuführen ist; der Heizer muß also den Zug entsprechend verstärken. Ueber der gesammten Brennmaterialschicht ist es indessen ziemlich kühl geworden; die gebildeten Gase gelangen daher entweder gar nicht zur Entzündung und entweichen unverbrannt, oder sie verbrennen nur zum Theil und dann noch mangelhaft, wobei Ruß ausgeschieden wird. Die hierdurch entstehenden Verluste und das Rauchen des Schornsteines dauern so lange fort, bis endlich die Flammen überall die Brennmaterialschicht durchdringen und die Entzündung und Verbrennung der Gase sichern.

Führt dagegen der Heizer das frische Brennmaterial nur einer Stelle des Kofstes zu, aber ebenfalls nach längeren Pausen und in größeren Mengen, so entwickelt dasselbe in Folge der Einwirkung der Wärme, welche ihm von dem daneben liegenden, hellbrennenden Brennmaterial und den glühenden Theilen der Feuerung zugestrahlt wird, ebenfalls plötzlich eine große Menge Gase. Diesen Gasen muß wieder Luft zugeführt werden, was entweder einfach durch die Kofstspalten geschehen oder auch in besonderer Weise erfolgen kann. Wird nunmehr entweder das Gemisch von Gas und Luft über oder durch die Flammen der hellbrennenden Schicht geleitet, oder werden diese Flammen über das frische Brennmaterial hinweg geführt und mit dem Gemisch in Berührung gebracht, so wird auch mit weit mehr Sicherheit eine Entzündung und Verbrennung der Gase zu erwarten sein, wie vorhin. Die Verhältnisse liegen demnach hier günstiger, wie dort; die Entgasung des frischen Brennmaterials wird aber dafür etwas langsamer vor sich gehen.

Will demnach der Heizer, welcher das Brennmaterial in Pausen dem Kofste zuzuführen hat, die aus dem frischen Brennmaterial sich entwickelnden Gase recht gut zur Verbrennung bringen, wobei zugleich die Entstehung von Rauch und Ruß möglichst vermieden wird, so muß er die oben geschilderten Uebelstände möglichst zu mildern suchen;

dann wird er aber das frische Brennmaterial jedenfalls immer nur in kleineren Mengen zuführen und dies öfters thun müssen.

Wählt er das zuerst genannte Verfahren, das frische Brennmaterial über die ganze Krostfläche auszubreiten, so muß er ferner den Zug nach dem Aufgeben des Brennmaterialies, damit die sich entwickelnden Gase die zu ihrer Verbrennung nöthige Luft erhalten, etwas steigern; ist die Gasentwicklung beendet und das Brennmaterial in Gluth gekommen, so kann der Zug wieder gemäßigt und auf das zur Verbrennung des entgasten Brennmaterialies erforderliche Maß vermindert werden. Benutzt er dagegen das zweite Verfahren, das frische Brennmaterial nur einer Stelle des Krostes zuzuführen, so muß er dafür sorgen, daß daselbst den sich entwickelnden Gasen die zu ihrer Verbrennung erforderliche Luft beitriff, und dann das Gas- und Luftgemisch Gelegenheit findet, sich zu entzünden. Bezüglich dieser beiden letzten Punkte aber soll Weiteres bei der Besprechung der verschiedenen Feuerungseinrichtungen im fünften Abschnitt nachfolgen.

Hat weiter der Heizer das frische Brennmaterial durch eine geöfnete Feuerthür hindurch aufzugeben, so strömt während dieser Arbeit durch die Thür eine große Menge von Luft in die Feuerung ein, welche an der Verbrennung gar keinen Antheil nimmt, dagegen den Heizgasen und dem Kessel Wärme entzieht und in erwärmtem Zustande den Schornstein verläßt. Daß hierdurch ein beträchtlicher Wärmeverlust herbeigeführt wird, ist einleuchtend. Der Heizer muß daher bestrebt sein, diesen Verlust auf ein möglichst geringes Maß zu bringen; dies erreicht er aber offenbar dadurch, daß er das Zuführen frischen Brennmaterialies nicht unnöthig oft und nicht in zu kleinen Mengen vornimmt, diese Arbeit möglichst rasch erledigt und während derselben den Zug stark dämpft, damit möglichst wenig überflüssige Luft durch die Feuerthür eindringt.

Hiernach ergibt sich, daß das Brennmaterial bei der Zuführung in Pausen weder in zu großen, noch in zu kleinen Mengen auf den Krost zu bringen, und daß während des Aufwerfens die Luftzuführung zu vermindern oder der Zug zu dämpfen ist. Für die Verbrennung der hierauf sich entwickelnden Gase ist aber durch Verstärkung des Zuges oder in sonst geeigneter Weise Sorge zu tragen.

Wird hierbei das frische Brennmaterial über die ganze Krostfläche gleichmäßig vertheilt, so braucht nur die Luftzuführung richtig bemessen zu sein; eine gute Mischung der entwickelten Gase mit Luft vollzieht sich dann schon von selbst, worauf die Flammen der lebhaft

brennenden alten Schicht die Entzündung und Verbrennung des Gemisches in zuverlässigster Weise besorgen.

Wird dagegen das frische Brennmaterial nur einer Stelle des Koftes und den sich entwickelnden Gasen die zu ihrer Verbrennung erforderliche Luft, wie oben geschildert, entweder durch die Kofspalten oder auf eine besondere Weise zugeführt, so hat nur noch eine sichere Entzündung des Gas- und Luftgemisches in einer der oben angedeuteten Arten stattzufinden. Eine regelrechte Verbrennung der Gase ergiebt sich dann ebenfalls mit Sicherheit von selbst, wobei natürlich zugleich die Bildung von Rauch gründlich verhütet wird.

Erfolgt die Brennmaterialzuführung mittelst besonderer Einrichtungen ununterbrochen, so werden auch ununterbrochen nur verhältnißmäßig kleine Gasmengen entwickelt, deren regelrechte Verbrennung meistens keine Schwierigkeiten bereitet.

Es ist daher auch nicht zu verwundern, daß bei allen besseren, sogenannten rauchfreien Feuerungen, von welchen später einige besprochen werden sollen, die Zuführung des frischen Brennmaterials ununterbrochen erfolgt.

VI. Wird dem Kofte das frische Brennmaterial in Pausen zugeführt, so nimmt natürlich innerhalb einer solchen Pause die Höhe der Brennmaterialschicht in Folge der fortschreitenden Verbrennung allmählich ab. Auch bei Einstellung des Betriebes, wenn das Feuer zum Erlöschen kommt, wird sich die Brennmaterialschicht allmählich vermindern.

Der Heizer wird daher dafür zu sorgen haben, daß auch unter diesen Verhältnissen die Luftzuführung oder die Zugstärke in gleichem Maße, wie die Brennmaterialschichthöhe, abnimmt.

VII. Das Zusammenbacken der Brennmaterialstücke, welches gewissen Steinkohlensorten eigen ist, stört die Verbrennung; der Luft wird hierdurch der Zutritt zu den Oberflächen der einzelnen Stücke abgeschnitten. Die Brennmaterialschicht muß daher von Zeit zu Zeit aufgelockert werden. Die auf den Brennmaterialstücken und dem Kofte sich ablagernde Asche und Schlacke, welche ebenfalls der Luft den Zutritt zum Brennmaterial verwehren und der Verbrennung hinderlich sind, müssen dagegen von Zeit zu Zeit entfernt werden. Das Auflockern des Brennmaterials und das Entfernen der Asche, welche durch die Kofspalten fällt, wird bekanntlich mit dem Schüreisen vorgenommen, vermittelst dessen der Heizer die Brennmaterialschicht durchstößt und zertheilt; zu dem Herausziehen der Schlackenstücke bedient er sich eines eisernen Hafens oder einer Krücke.

Bei den meisten der gebräuchlichen Feuerungseinrichtungen muß nun das Schüren und Abschlagen durch die geöffnete Feuerthüre vorgenommen werden, oder es sind für diesen Zweck auch besondere Thüren angebracht. Um den Eintritt überflüssiger Luft in die Feuerung möglichst zu vermindern, darf der Heizer diese nothwendigen Arbeiten nicht unnöthig oft vornehmen; er muß sich mit denselben möglichst beeilen und während derselben den Zug stark dämpfen oder fast ganz abstellen. Hat er diese Arbeiten erledigt und das Feuer wieder in guten Zustand gebracht, so strahlt auch dasselbe von allen Theilen des Kofes gleichmäßig hell nach dem Aschenfall herab.

Die gewonnenen Regeln lassen sich nunmehr in Folgendes zusammenfassen:

1. Das Brennmaterial, insbesondere die Kohle, ist vor seiner Verwendung bis zu geeigneter Stückgröße (Ei- oder Nußgröße, bei schmelzender und backender Kohle bis Faustgröße) zu zerkleinern.
2. Alle Theile des Kofes müssen möglichst gleich hoch mit Brennmaterial bedeckt werden.
3. Die Verbrennung des Brennmaterials soll mit dem am Manometer sichtbar werdenden Dampfverbrauche gleichen Schritt halten, damit der Dampfdruck immer auf gleicher Höhe bleibt; je nach Bedürfniß hat daher der Heizer die Luftzuführung und die Höhe der Brennmaterialschicht entsprechend zu vermehren oder zu vermindern. Zwischen Brennmaterialschichthöhe und Zugstärke muß der Heizer aber unter allen Umständen ein solches Verhältniß herzustellen suchen, bei welchem das Brennmaterial vollständig, aber mit mäßigem Luftüberschusse verbrennt. Das einzige Kennzeichen für den Heizer, daß er immer das richtige Verhältniß herzustellen versteht, besteht im sparsamsten Brennmaterialverbrauche, welcher sich aus der beständigen Vergleichen der verbrauchten Brennmaterialmenge mit der verdampften Wassermenge ergibt.
4. Mit zunehmender Verschladung des Feuers wird eine etwas höhere Schicht nothwendig, als bei reinem Feuer.

5. Wird das Brennmaterial dem Koste in Pausen zugeführt, so hat dies öfters und in mäßigen Mengen zu geschehen; müssen hierzu Feuerthüren geöffnet werden, so ist während des Aufwerfens die Luftzuführung thunlichst abzustellen.

Streut der Heizer das frische Brennmaterial über den ganzen Kost, so muß er, damit die sich entwickelnden Gase vollständig zur Verbrennung gelangen, den Zug nach dem Aufgeben so lange etwas verstärken, als die Gasentwicklung andauert; legt er dagegen das frische Brennmaterial immer nur an eine bestimmte Stelle des Kostes, so muß dieselbe so gewählt werden, daß den sich entwickelnden Gasen eine richtig bemessene Menge Luft zugeführt wird, und das Gas- und Luftgemisch dann auch Gelegenheit findet, sich zu entzünden.

6. Mit dem Niederbrennen der Brennmaterialschicht ist auch die Luftzuführung oder der Zug entsprechend zu vermindern.
7. Erfolgt das Schüren und Abschlacken durch eine Thüre, so hat der Heizer während dieser Arbeiten den Zug nahezu ganz abzustellen und muß sich mit denselben möglichst beeilen. Diese Arbeiten sind zwar nach Bedarf oft vorzunehmen; doch darf dies nicht übertrieben werden.

Ein Rückblick auf die gewonnenen Regeln, welche sich jeder Heizer fest einprägen sollte, läßt ohne Weiteres erkennen, daß ihre gewissenhafte Anwendung in ganz bedeutendem Maße Aufmerksamkeit, Fleiß und Geschicklichkeit vom Heizer erfordert. Wer daher glaubt, daß zum Heizer der erste beste Tagelöhner gut ist, — und diese Ansicht kann man leider noch oft genug, selbst bei intelligenten Kesselbesitzern vorfinden — der befindet sich in einem großen Irrthum. Es ist klar, daß ein Heizer, welcher seine Pflicht schon zu erfüllen glaubt, wenn er aller 15 bis 20 Minuten einmal die Fehrerung mit Brennmaterial vollstopft, es sich dann bequem macht und völlig unbekümmert ist, auf welche Weise das Feuer mit dem Brennmaterial fertig wird, nichts weniger als sparsam mit dem letzteren umgeht. Was der Kesselbesitzer dann am Heizerlohn spart, geht zehnfach am Brennmaterial verloren.

Erfordert nun aber das sparsame Heizen wesentlich mehr Mühe und Geschicklichkeit, so sollte auch der Kesselbesitzer dem guten

Heizer die wohlverdiente Anerkennung nicht vorenthalten. Wird dem Heizer ein entsprechender Antheil an den, seiner Geschicklichkeit zu verdankenden Kohlenersparnissen bewilligt, so ist dies ein scharfer Sporn zu fortwährender Aufmerksamkeit; und nicht nur dem Heizer, sondern weit mehr noch dem Kesselbesitzer wird ein solches Verfahren zum Vortheile gereichen.

Die Einführung von Kohlenprämien kann daher nicht warm genug empfohlen werden; die Anbringung eines Hubzählers an der Speisepumpe oder die Anschaffung eines einfachen Wassermessers zur Ermittlung des Speisewasserverbrauches, die geringe Mühe, über den Kohlenverbrauch Buch und Rechnung zu führen und eine Prämie an den Heizer für die aus diesen beiden Beobachtungen sich ergebenden Ersparnisse machen sich, wie der Verfasser mehrfach beobachten konnte, in kurzer Zeit glänzend bezahlt.

Wie außerordentlich verschieden aber selbst alte, gediente Heizer die Kohle ausnützen, davon giebt ein Wettheizversuch, welchen Herr Direktor Weinlig vom Magdeburger Dampfkessel-Revisionsverein im Jahre 1885 veranstaltete, beredtes Zeugniß. An diesem Versuche nahmen 11 geübte Heizer theil; jeder derselben feuerte einen Tag lang unter den gleichen Verhältnissen, und erhielten die drei besten Heizer, welche am sparsamsten und zugleich rauchlofesten feuerten, Geldpreise.

Da ergab sich denn das merkwürdige Resultat, daß der erste Heizer mit einem Kilogramm Steinkohle 6,89 kg, der sechste 5,64 kg und der elfte nur 4,00 kg Wasser verdampfte, wobei der erste das 3,1 fache, der sechste das 3,8 fache, der elfte aber das 5,1 fache der theoretisch erforderlichen Luftmenge zugeführt hatte. Bei dem ersten Heizer entwichen die Heizgase mit  $233^{\circ}$  C., bei dem sechsten mit  $250^{\circ}$  C. und bei dem elften mit  $298^{\circ}$  C. in den Schornstein. Die Resultate der übrigen Heizer sind der Kürze halber hier weggelassen worden. Es ist aber jedenfalls aus diesen Zahlen ersichtlich, welche große Unterschiede in der Praxis zu Tage treten, und wie vortheilhaft es sein muß, den Heizer durch Antheilnahme an den Brennmaterialeersparnissen zu größerem Eifer und bester Leistung anzuheizen.

## Vierter Abschnitt.

### Die Erzeugung des Dampfes im Dampfkesselbetrieb.

Inhalt: Der Zweck des Dampfkesselbetriebes. — Die Heizfläche des Kessels. Der Uebergang der Wärme von den Heizgasen an die Kesselwandungen und den Wasserinhalt (der Gegenstrom); die Wichtigkeit der Heizflächengröße; die Beziehungen zwischen Heizfläche und Verdampfung. Der Einfluß des Dampfdruckes. — Die Abführung der Heizgase. — Die Ausnutzung der Heizkraft der Brennstoffmaterialien (Einfluß des Wassergehaltes; das Rässen des Brennstoffes); die theoretische und die wirkliche Verdampfung. — Die Ermittlung des geeignetsten Brennstoffes; der Preis des Dampfes.

Die Verbrennung des Brennstoffes liefert, wie im zweiten Abschnitt gezeigt wurde, stets ein Gemisch von Gasen, auch Heizgase oder Feuergase genannt, dessen Menge, Zusammensetzung und Temperatur von der Menge der bei der Verbrennung zugeführten Luft und der mehr oder weniger vollständigen Art und Weise der Verbrennung abhängig sind. Im Dampfkesselbetriebe gilt es nunmehr, die in diesen Heizgasen enthaltene Wärme zur Erzeugung von gespannten Wasserdämpfen nutzbar zu machen, zu welchem Zwecke man sich der Dampfkessel bedient. Unter einem Dampfkessel versteht man demnach ein aus einem oder mehreren Theilen bestehendes, allseitig geschlossenes Gefäß, in welchem aus Wasser durch die Einwirkung von Wärme gespannte Dämpfe erzeugt werden.

Damit die Heizgase ihre Wärme an den Kessel abzugeben vermögen, kehrt man denselben einen Theil der innerlich vom Wasser bespülten Kesselwandungen zu und bringt die Gase mit diesen Wandungen in unmittelbare Berührung. Die in dieser Weise der Einwirkung der Heizgase zugänglich gemachte Kesseloberfläche nennt man die Heizfläche des Kessels; man berechnet dieselbe und drückt sie in Quadratmetern aus.



An die Wandungen des Kessels geht nun die Wärme der Heizgase theils durch Strahlung, theils durch Leitung über. Der über dem Kofte gelegene Theil des Kessels empfängt die ihm zugeführte Wärme in der Hauptsache durch Strahlung; in den sogenannten Feuerzügen oder Heizkanälen, in welchen die Heizgase mit den Kesselwandungen beständig in unmittelbare Berührung kommen, wird die Wärme aber in der Hauptsache durch Leitung übertragen.

Während nun die Kesselwandungen die strahlende Wärme ungemein rasch aufnehmen, ist zur Aufnahme der leitenden Wärme stets eine bestimmte, längere oder kürzere Zeitdauer erforderlich. Damit nämlich die in den Zügen eingeschlossenen Heizgastheilchen ihre Wärme an die Kesselwandungen abzugeben vermögen, muß jedes derselben eine gewisse Zeit lang und wiederholt mit der Kesselwandung in Berührung gebracht werden; es müssen also immer wieder neue Heizgastheilchen an die Kesselwandungen herangeführt werden. Je mehr Heizgastheilchen überdies die Kesselwandung zu gleicher Zeit berühren, desto rascher wird den Heizgasen ihre Wärme entzogen.

Nun werden im Dampfkesselbetriebe ununterbrochen neue Heizgasmengen gebildet, welchen nicht nur ihre Wärme zu entziehen ist, sondern welche schließlich auch entfernt werden müssen. Beide Aufgaben werden gleichzeitig erfüllt, wenn man die Heizgase an den Kesselwandungen entlang führt und dann in einen Schornstein treten läßt, welcher sie ableitet.

Damit auch unter diesen Verhältnissen die Heizgase ihre Wärme möglichst vollständig an die Kesselwandungen abzugeben vermögen, werden folgende Hilfsmittel angewendet:

Man führt die Gase, um Zeit für die Berührung zu gewinnen, nicht nur einmal, sondern mehrere Male in Zügen am Kessel entlang und sorgt dafür, daß hierbei die Geschwindigkeit der Gase eine mäßige bleibt. Das Letztere wird sehr einfach dadurch erreicht, daß man den Zügen einen genügend großen Querschnitt giebt oder dieselben genügend weit macht.

Man läßt die Heizgase, damit immer wieder neue Heizgastheilchen an die Kesselwandungen herantreten, in den Zügen entweder eine wirbelnde Bewegung annehmen oder sie möglichst oft senkrecht auf die Kesselwandungen auftreffen. Derartige Bewegungsercheinungen stellen sich zwar bei jeder Kesselbauart bis zu einem gewissen Grade von selbst ein; durch eine geeignete Form der Kesselwandungen und Züge können indessen diese Vorgänge außerordentlich gefördert werden.

Man führt die Heizgase, um möglichst viele Theilchen derselben

gleichzeitig mit den Kesselwandungen in Berührung zu bringen, in recht dünnen Strahlen am Kessel entlang. Dieser Grundsatz wird durchgeführt bei den Kesseln der Lokomotiven, bei welchen die Heizgase eine große Anzahl ziemlich enger Röhren durchziehen; es hat dies in der That eine ganz vorzügliche Ausnutzung der Heizgase zur Folge.

Im Dampfkesselbetrieb finden oft mehrere dieser Hilfsmittel gleichzeitig Anwendung.

Damit weiterhin die Leitung der Wärme durch die Kesselwandungen zu einer recht raschen wird, stellt man die Kessel aus guten Wärmeleitern her. Hierzu eignen sich vortrefflich die in dieser Beziehung den ersten Rang einnehmenden Metalle, welche zugleich in Folge ihrer großen Festigkeit die weitere gute Eigenschaft besitzen, dem im Kessel herrschenden Dampfdrucke eine starke Widerstandsfähigkeit entgegen zu setzen und hierdurch eine große Sicherheit gegen das Zersprengen des Dampfkessels zu gewähren.

Die von den Kesselwandungen aufgenommene Wärme wird nunmehr dem Wasserinhalte des Kessels mitgetheilt und hierdurch der mit der inneren Fläche der Kesselwand in Berührung befindliche Theil desselben zur Verdampfung gebracht. Auch dieser Vorgang beansprucht eine gewisse Zeitdauer. Das mit der Kesselwand in Berührung stehende Wasser verwandelt sich in kleine Dampfbläschen, welche die Kesselwand pelzartig bedecken, die Berührung zwischen Kesselwand und Wasser aufheben und die Wärmeaufnahme des Wassers, da der Dampf an und für sich ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, eine kurze Zeit lang ganz verhindern. Erst wenn die Dampfbläschen eine gewisse Größe erreicht haben, reißen sie sich von der Kesselwand, an welcher sie haften, los und steigen empor, worauf dann wieder das Wasser an die Kesselwand herantreten kann und die Bildung neuer Dampfbläschen erfolgt.

Es ist klar, daß der Kesselwand die Wärme rascher entzogen und eine vermehrte Dampfbildung herbeigeführt wird, wenn die gebildeten Dampfbläschen möglichst rasch von der Kesselwand entfernt werden. Zu diesem Zwecke macht es sich nur nothwendig, den Wasserinhalt des Kessels in eine strömende Bewegung zu versetzen, durch welche die Dampfbläschen sofort nach ihrem Entstehen von der Kesselwand fortgespült werden. Je lebhafter die Bewegung des Wassers ist, um so rascher giebt die Kesselwand ihre Wärme an das Wasser ab, und eine um so lebhaftere Dampfbildung wird erzielt.

Es giebt aber noch einen zweiten Grund, welcher eine Bewegung des Kesselwassers wünschenswerth erscheinen läßt.

Die Menge der Wärme, welche von irgend einem Theile der Kessel-

wandung in einer bestimmten Zeit aufgenommen und an das Wasser des Kessels abgegeben wird, hängt nämlich außer von der Größe der zu diesem Kesseltheile gehörigen Heizfläche, der Länge der Zeit, innerhalb welcher die Wärmedurchleitung stattfindet, und der Fähigkeit der Kesselwandung, die Wärme mehr oder weniger rasch durchzuleiten (Kupfer leitet z. B. rascher als Eisen), vor allen Dingen ab von dem Unterschiede der Temperaturen, welche einerseits die Wärme abgebenden Heizgase und andererseits der Wärme aufnehmende Kesselinhalt besitzen. Die Menge der übergehenden Wärme wird z. B. in der Nähe des Rostes eine ganz andere, ungemein größere sein, als dort, wo die abgekühlten Gase den Kessel verlassen und in den Schornstein gehen; je größer also der Temperaturunterschied ist, desto mehr Wärme wird an der betreffenden Stelle von den Heizgasen an das im Kessel befindliche Wasser übergehen.

Um eine recht vollkommene Wärmeabgabe der Heizgase zu erzielen, muß man daher an allen Punkten der Heizfläche und bis zum letzten derselben den Temperaturunterschied der Heizgase und des Kesselinhaltes so groß, wie möglich, zu machen suchen. Dies wird schon dadurch erreicht, daß man das dem Kessel zugeführte, kalte Speisewasser dort einführt, wo die Heizgase am kühlfsten sind, also dort, wo dieselben den Kessel verlassen und in den Schornstein eintreten. Das sich erwärmende und im Kessel fortrückende Speisewasser begegnet demnach immer heißeren Heizgasen. Noch vorthafter wird es aber sein, dem Wasserinhalte des Kessels eine ununterbrochene derartige Bewegung zu ertheilen, bei welcher das Kesselwasser sich mit dem zugespeisten, kälteren Speisewasser mischt und den heißeren Heizgasen mit einer gewissen Geschwindigkeit entgegenströmt, zugleich die gebildeten Dampfbläschen von den Kesselwänden spülend und die Verdampfung beschleunigend.

Man nennt eine solche Anordnung einen Gegenstrom. Eine strömende Bewegung des Wassers stellt sich zwar in jedem Kessel bis zu einem gewissen Grade von selbst ein; wie sich später zeigen wird, kann dieselbe indessen durch die besondere Form des Kessels außerordentlich begünstigt und zum Gegenstrom gemacht werden. Der Gegenstrom wird im Dampfkesselbetrieb sehr häufig und mit großem Vortheil angewendet.

Strebt man demnach im Dampfkesselbetrieb mit allen zu Gebote stehenden Mitteln darnach, den Heizgasen ihre Wärme so vollständig wie möglich zu entziehen, so findet doch dieses Bestreben bald seine Grenzen. Je weiter sich nämlich die Heizgase vom Roste entfernt haben, um so mehr sind sie abgekühlt worden; um so weniger Wärme nehmen aber die zuletzt berührten Theile des Kessels

auf. Je mehr Wärme den Heizgasen entzogen werden soll, eine um so größere Heizfläche wird also der Kessel besitzen müssen. Mit der großen Heizfläche eines Kessels nimmt indessen das Gewicht desselben stark zu; eine Kesselanlage mit übermäßig großer Heizfläche nützt daher zwar die Wärme der Heizgase ganz vorzüglich aus; sie ist aber in Folge des großen und schweren Kessels sehr theuer, und ihre Mehrkosten können leicht den größeren Nutzen der reichlichen Heizflächengröße wieder verschlingen.

Hat dagegen ein Kessel eine zu kleine Heizfläche, mit welcher sehr viel Dampf erzeugt werden soll, so muß zu diesem Zwecke eine verhältnißmäßig große Menge Brennmaterial verbrannt werden, aus welcher eine sehr große Menge von Heizgasen entsteht. Die große Heizgasmenge bleibt indessen mit der kleinen Heizfläche des Kessels verhältnißmäßig viel zu kurze Zeit in Berührung; sie kann daher ihre Wärme nur zu einem geringeren Theile an den Kessel abgeben und geht mit ziemlich hoher Temperatur in den Schornstein. Findet dann auch auf dem Roste eine gute Verbrennung statt, bei welcher sich z. B., wie meistens geschieht, Heizgase bilden, deren Temperatur etwa  $1500^{\circ}\text{C}$  beträgt, so führt doch der zu kleine Kessel zu einer nur mangelhaften Ausnutzung der in den Heizgasen aufgespeicherten Wärme. Entweichen daher die Gase mit  $450^{\circ}\text{C}$  in den Schornstein, während sie durch einen Kessel mit genügend großer Heizfläche auf  $200^{\circ}\text{C}$  abgekühlt werden könnten, so wird auch bei dem zu kleinen Kessel gegenüber dem angemessenen großen  $\frac{450-200}{1500} = \frac{250}{1500}$ , das ist ein Sechstel der entwickelten Wärme, mehr in den Schornstein geführt und verloren gehen.

Hierzu tritt ein weiterer Nachtheil. Werden die Kesselwandungen von wesentlich heißeren Gasen berührt, so nehmen sie auch eine entsprechend höhere Temperatur an. Die stärkere Erhitzung der Kesselwandungen im Betrieb und die nachfolgende Abkühlung während der Einstellung des letzteren führen aber durch ihren Wechsel stets eine raschere Abnutzung und Zerstörung des Kessels herbei.

Hieraus geht hervor, daß es sehr verkehrt ist, bei Anschaffung eines neuen Kessels mit der Größe desselben allzusehr zu geizen. Wird auch der Kessel etwas größer gewählt, und werden für denselben auch tausend Mark mehr ausgegeben, so macht sich diese Mehrausgabe doch schon in ein paar Jahren durch den geringeren Kohlenverbrauch und die längere Haltbarkeit des Kessels wieder bezahlt, während bei dem zu kleinen Kessel die sich infolge größeren Kohlenverbrauches täglich wiederholenden Mehrausgaben zu recht beträchtlichen Summen heranwachsen, zu welchen die Kosten der nicht ausbleibenden häufigen Reparaturen treten. Schon die

geringste Verstärkung des Betriebes, wie sich eine solche bei jeder aufblühenden Fabrik sehr bald einzustellen pflegt, macht aber die mangelhafte Ausnützung des Brennmaterials zu einer noch schlechteren. Die mit neuen großen Geldausgaben verknüpfte Anschaffung eines größeren Kessels ist dann die unausbleibliche Folge der am unrechten Orte angewendeten Sparsamkeit.

Zwischen dem zu großen, theueren Kessel mit bester Brennmaterialausnützung und dem zu kleinen, billigen Kessel mit Brennmaterialverschwendung muß es nun jedenfalls Verhältnisse geben, bei welchen die Anlage weder eine zu theuere, noch die Wärmeausnützung eine zu ungünstige ist. Dies wird offenbar eintreten, wenn von dem Kessel im Verhältnisse zu seiner Heizfläche auch nur eine angemessen starke Dampferzeugung verlangt wird.

Dividirt man mit der Heizfläche eines Kessels in die Dampfmenge, welche der Kessel in einer Stunde entwickelt oder erzeugen soll, so erhält man die Dampfmenge, welche im Mittel ein Quadratmeter der Heizfläche stündlich liefert.

Man hat nun z. B. gefunden, daß diese Dampfmenge bei mit gewöhnlichen Flammenrohrkesseln versehenen Anlagen, welche sparsam arbeiten und dabei doch nicht unnöthig große Kessel besitzen, 15 bis 20 kg beträgt. Kommt indessen Jemand in die Lage, sich einen neuen Flammenrohrkessel anschaffen zu müssen, und ist eine spätere Verstärkung des Betriebes mit Sicherheit zu erwarten, so wird es klug sein, von dem neuen Kessel zunächst noch weniger Dampf, etwa nur 12 kg stündlich von einem Quadratmeter der Heizfläche desselben zu verlangen. Ist der zu erwartende stündliche Dampfverbrauch der Anlage berechnet oder abgeschätzt worden, so läßt sich nunmehr auch mit Hülfe der obigen Zahl die erforderliche Heizflächengröße des Kessels bestimmen. Dividirt man mit 12 in jene Dampfmenge, so erhält man die erforderliche Größe der Heizfläche in Quadratmetern.

Die Größe der Heizfläche ist somit ein außerordentlich wichtiges Maß einer jeden Kesselanlage. Sind zwar die Dampfmenngen, welche von einem Quadratmeter Heizfläche in der Stunde, immer eine nicht zu theuere, dabei aber sparsam arbeitende Kesselanlage vorausgesetzt, geliefert werden können, für die verschiedenen Kesselarten verschieden groß, so läßt sich doch stets, wenn die Größe der Heizfläche und die Kesselart bekannt sind, leicht im Voraus berechnen, welche Dampfmenngen ein Kessel unter den günstigsten Verhältnissen zu liefern vermag. Die Größe der Heizfläche kann demnach als ein unmittelbarer Maßstab für die zu erwartende Leistung der Kesselanlage angesehen werden.

Hierbei ist von nur geringem Einfluß, welchen Druck der zu erzeugende Dampf besitzen muß, da die Wärmemengen, welche die Umwandlung des in den Kessel gebrachten Wassers in Dampf erfordern, bei verschieden hohem Druck nur geringe Unterschiede zeigen, wie ein Blick auf die Tabelle Seite 13 lehrt. Von der Höhe des Druckes, mit welchem ein Dampfkessel betrieben werden soll, sind aber unmittelbar die Stärken, welche die Kesselwandungen erhalten müssen, abhängig.

Aus diesen Gesichtspunkten läßt sich nun auch beurtheilen, welchen Druck dem in einem Dampfkessel für einen gewissen Zweck zu erzeugenden Dampf zu geben ist.

Soll der Kessel zum Dampfmaschinenbetrieb benutzt werden, so wird es selbstverständlich vortheilhaft sein, hochgespannte Dämpfe zu erzeugen, da diese nur einen wenig größeren Wärmeaufwand erfordern, als niedrig gespannte. Der hochgespannte Dampf übt aber in der Maschine eine bedeutend größere Leistung aus, so daß sowohl an Dampf, wie an Brennmaterial wesentlich gespart wird, und für eine bestimmte Leistung ein in seinen Wandungen zwar etwas stärkerer, in seiner Heizfläche aber wesentlich kleinerer und daher billigerer Dampfkessel erforderlich ist.

Sollen dagegen die Dämpfe zum Heizen Verwendung finden, so wird es vortheilhafter sein, sich mit einem mäßigen Druck zu begnügen, weil die in solchem Dampfe enthaltene Wärme nur unwesentlich geringer ist, als die in hochgespanntem Dampfe aufgespeicherte. Für den geringeren Dampfdruck genügen aber schon wesentlich dünnere Kesselwandungen, d. h. es kann am Gewicht und Preis des Kessels ganz bedeutend gespart werden.

Die Dampfkessel für Maschinenbetrieb sind daher neuerdings mit einem Dampfdruck bis zu 12 Atmosphären Ueberdruck im Gebrauch, während für Heizungen noch Dampfkessel mit einer halben Atmosphäre Ueberdruck vortheilhaft verwendet werden.

Nachdem den Heizgasen ein möglichst großer Theil ihrer Wärme entzogen worden ist, müssen sie schließlich entfernt werden; damit dieselben Niemand lästig fallen, leitet man sie mittelst senkrechter Rohre in höhere Luftschichten, welche die Gase aufnehmen und fortführen. Ist nun das hierzu benutzte Rohr, welches man bekanntlich einen Schornstein nennt, hoch und weit genug, so vermag es auch selbstthätig die zur Verbrennung des Brennmaterials erforderliche Luft herbeizuschaffen, die gebildeten Heizgase durch die Feuerzüge zu treiben sowie in die Höhe zu führen.

Die Wirkungsweise des Schornsteins beruht auf dem

Naturgesetz, daß ein von einer schwereren Flüssigkeit oder einem schwereren Gas umgebener Körper empor zu steigen strebt; man nennt dieses Bestreben den Auftrieb des Körpers. Der Auftrieb ist denn auch die Ursache, daß z. B. ein unter Wasser getauchtes Stück Holz, welches leichter, als das umgebende Wasser, oder ein mit Leuchtgas gefüllter Luftballon, dessen Gasfüllung leichter, als die umgebende Luft ist, kräftig darnach streben, empor zu steigen. Dieselbe Erscheinung hat man bei dem Schornstein vor sich; die in den Feuerzügen und in dem Schornstein eingeschlossenen Heizgase sind heiß, in Folge dessen stark ausgedehnt und deshalb leichter, als die äußere Luft, mit welcher sie am Kofst und an der oberen Mündung des Schornsteins in Berührung stehen. Der Inhalt der Züge und des Schornsteins ist daher ebenfalls bestrebt, mit einer gewissen Kraft empor zu steigen. Stellt sich diesem Bestreben kein Hinderniß entgegen, so nehmen die Gase eine nach oben gerichtete Bewegung an, und die Folge ist, daß durch den Kofst frische Luft in den Feuerraum einströmt, und die Verbrennung sich ununterbrochen fortsetzt.

Die Kraft, mit welcher sich diese Vorgänge abspielen, nennt man die natürliche Zugkraft des Schornsteines; ihre Größe hängt ab von der Menge der in dem Schornstein eingeschlossenen Heizgase und deren Leichtigkeit, beziehungsweise deren Temperatur. Ein sehr hoher und weiter Schornstein, welcher kühlere Gase fortzuschaffen hat, äußert daher unter Umständen auch nicht mehr Zugkraft, als ein kleiner Schornstein, dessen Gase aber eine höhere Temperatur besitzen. Immer muß aber die Zugkraft eines Schornsteins größer sein, als die Widerstände, welche sich dem Eintritt der Luft in den Feuerraum und der Bewegung der Heizgase in den Feuerzügen und dem Schornstein durch Reibung entgegensetzen.

Verbieten es die Umstände, einem Schornstein die erforderliche Höhe und Weite zu geben, so muß die nothwendige Zugkraft auf künstliche Weise geschaffen werden; welche Mittel man anwendet, künstlichen Zug zu erzeugen, wird im sechsten Abschnitt näher zu erläutern sein.

Im Dampfkesselbetrieb ist es nun leider nicht möglich, die gesammte Heizkraft des Brennmaterials zur Verdampfung von Wasser nutzbar zu machen. Die Verluste, welche eintreten, sind verschiedener Natur.

In erster Linie nehmen die Verbrennungsgase eine beträchtliche Wärmemenge mit sich in den Schornstein, wodurch der Hauptverlust, der sogenannte Schornsteinverlust, entsteht. In den Zügen werden die Heizgase bei guten Kesselanlagen bis auf etwa  $250^{\circ}\text{C}$ ,

bei sehr reichlich bemessenen Anlagen selbst bis auf  $200^{\circ}\text{C}$  abgekühlt; ihnen noch mehr Wärme zu entziehen, ist nicht rathsam, da hierzu einerseits ein zu großer, theurer Kessel erforderlich wäre, andererseits auch die Zugkraft des Schornsteines zu stark geschwächt werden würde.

Weiter führt der Wassergehalt des Brennmaterialies Wärmeverluste herbei; denn das in demselben enthaltene Wasser verläßt den Schornstein in Dampfform; die zu seiner Verdampfung erforderlich gewesene Wärme geht aber verloren. Je mehr demnach ein Brennmaterial Wasser enthält, um so größer wird der Verlust sein; hieraus folgt, daß das Brennmaterial in der Regel so trocken, wie möglich, zu verwenden ist.

Ist demnach das Maßmachen der Kohlen im Allgemeinen zu verwerfen, so kann es doch ausnahmsweise geeignet sein, einen anderen Verlust zu vermindern. Immer wird ein Theil des Brennmaterialies durch die Krostspalten fallen und verloren gehen. Nicht unbeträchtlich wird dieser Verlust, wenn eine klare und magere Kohle auf einem Planrost verbrannt werden soll, für welchen Zweck sich übrigens ein Treppenrost weit besser eignet. Durch Maßmachen des Brennmaterialies, insolgedessen dasselbe mehr zusammenbäckt, wird nun dieser Verlust wesentlich vermindert, und der hierdurch erzielte Gewinn ist zuweilen größer, als der Wärmeverlust, welchen die Verdampfung des beigemengten Wassers verursacht. In diesem Ausnahmefalle ist demnach das Rässen des Brennmaterialies empfehlenswerth.

Endlich geht eine gewisse Menge Wärme durch Ausstrahlung seitens des Kessels und des Kesselofens, sowie durch unvollständige Verbrennung verloren.

Es ist nun gebräuchlich, aus der Heizkraft der Brennmaterialien die denselben entsprechende sogenannte theoretische Verdampfung, bezogen auf Wasser von  $0^{\circ}\text{C}$  verwandelt in Dampf von  $99,1^{\circ}\text{C}$  oder einer Atmosphäre Druck, welche sich bei vollkommener Nutzbarmachung der Heizkraft ergeben würde, zu berechnen. Man erhält diese Dampfmenge sehr einfach durch Division mit der Zahl 637 in die Heizkraft, da 637 Wärmeeinheiten erforderlich sind, um 1 kg Wasser von  $0^{\circ}\text{C}$  in gesättigten Dampf von  $99,1^{\circ}\text{C}$  zu verwandeln. Die auf diese Weise für die verschiedenen Brennmaterialien gefundenen Zahlenwerthe stehen in der dritten Spalte der nachfolgenden Tabelle.

In der vierten Spalte sind weiter die durch Verdampfungsversuche an Dampfkesseln ermittelten, mit einem Kilogramm Brennmaterial wirklich erzeugten Dampfmenngen ange-



geben; dieselben fallen je nach der Güte der Verbrennung und der Ausnützung der Heizgase natürlich verschieden aus.

Die letzte Spalte enthält endlich die theoretisch zur Verbrennung erforderlichen Luftmengen; die in den Dampfkesselfeuerungen wirklich zugeführten Luftmengen betragen gewöhnlich das  $1\frac{1}{2}$ - bis 4fache derselben.

Die Heizkraft der Brennmaterialien und die Verdampfung.

Brennmaterial (1 kg)	Heizkraft in Wärme- einheiten.	Theoretische Verdampfung in kg (Wasser von 0° C in Dampf von einer Atmosphäre)	Wirkliche Ver- dampfung in kg	Theoretisch erforderliche Luftmenge in kg
Westfälische Steinkohle	7290	11,4	5,7 bis 9,0	10,0
Schlesische Steinkohle .	6990	11,0	5,5 " 8,5	9,4
Zwickauer Steinkohle .	6890	10,8	5,4 " 8,0	9,3
Steinkohle des plauen- schen Grundes . . .	5570	8,7	4,3 " 6,5	7,5
Böhmische Braunkohle	4580	6,8	3,4 " 5,0	6,2
Erdige Braunkohle . .	3270	4,9	2,5 " 3,5	4,4
Koks . . . . .	7270	11,4	5,7 " 7,5	10,3
Torf (lufttrocken) . .	3880	6,1	3,0	5,3
Holz (lufttrocken) . .	3200	5,0	2,5 bis 3,0	4,7

Aus der Tabelle ergibt sich, daß die im Brennmaterial enthaltene Wärme nur zu  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{4}{5}$  nutzbar gemacht werden kann.

Eine sehr wichtige Frage für jede Kesselanlage ist endlich die nach dem geeignetesten Brennmaterial. Sieht man von Ausnahmefällen ab, so eignet sich aber offenbar dasjenige Brennmaterial für den Betrieb am besten, welches den billigsten Dampf liefert.

Um über diesen Punkt Aufschluß zu erlangen, muß folgendes Verfahren angewendet werden:

Man mißt regelmäßig die im Kessel verdampften Wassermengen unter Zuhilfenahme eines an der Speisepumpe angebrachten Hubzählers oder eines in das Speiserohr eingeschalteten Wassermessers oder auf eine sonstige Weise und schreibt sich die Brennmaterialmengen auf, welche hierzu erforderlich waren; dann läßt sich sehr leicht aus diesen beiden Zahlen berechnen, wie viele kg Wasser durch 1 kg Brennmaterial in Dampf verwandelt worden sind. Man nennt die erhaltene Zahl die Verdampfungs-ziffer.

Weiter ermittelt man den Preis des Brennmaterialies, wie

hoch sich derselbe für 1 kg stellt, wenn man zu dem Preise auf dem Schachte alle Kosten für den Transport bis vor den Kessel hinzurechnet.

Aus dem letzteren Werth und der Verdampfungsziffer kann nunmehr leicht berechnet werden, wie theuer ein jedes Kilogramm des erzeugten Dampfes zu stehen kommt.

Es ist rathsam, mit verschiedenen Brennmaterialsorten und wohl auch mit Gemischen, welche aus verschiedenartigen Brennmaterialien, z. B. aus Steinkohlen und Braunkohlen hergestellt werden, Versuche vorzunehmen; diejenige Sorte oder dasjenige Gemisch, welches den billigsten Dampf liefert, ist jedenfalls das geeignetste und vortheilhafteste Brennmaterial.

Wer mit seiner Kesselanlage weit entfernt vom Schachte liegt, wird bald herausfinden, daß sich für ihn immer die besseren Brennmaterialsorten, deren Transportkosten auch nicht höher, als die der geringwerthigen Sorten zu stehen kommen, vortheilhafter erweisen; die in der Nähe des Schachtes gelegene Anlage wird dagegen meistens mit den geringeren Sorten den billigsten Dampf erzielen, da hier die Transportkosten bedeutend mäßiger sind und den Gesamtpreis des Brennmaterials weniger beeinflussen.

An größeren Anlagen angestellte Versuche haben ergeben, daß die Kosten für 1 kg Dampf je nach der Entfernung der Anlage von dem Fundorte des Brennmaterials auf 0,15 bis 0,3 Pfennige zu stehen kommen.

## Fünfter Abschnitt.

### Die Herstellung der Dampfkessel.

Inhalt: Die Form der Dampfkessel. — Das Material. — Der Bau (Blechstärke, Nietungen, Verankerung und Versteifung ebener Kesselwände, Versteifung der Flammenrohre, Befestigung der Heizröhren). — Die Druckprobe des Kessels.

Die Gestalt der ersten Dampfkessel war die der Kugel. Bei dieser Form sind zwar nach den Regeln der Festigkeitslehre für einen bestimmten Kesselinhalt und Dampfdruck nur sehr mäßige Wandstärken erforderlich; sie besitzt aber auch anderen Kesselformen gegenüber den Nachtheil, bei gleicher Größe des Kesselinhaltes die kleinste äußere Oberfläche und demnach auch nur eine kleine Heizfläche darzubieten.

James (sprich: Dschehms) Watt, der Erbauer der ersten Dampfmaschine, verließ deshalb die Kugel- form und führte die sogenannten Koffer- kessel ein, welche einen hufeisenförmigen Querschnitt und eine ziemliche Länge erhielten. Figur 3 stellt einen solchen Kofferkessel dar.

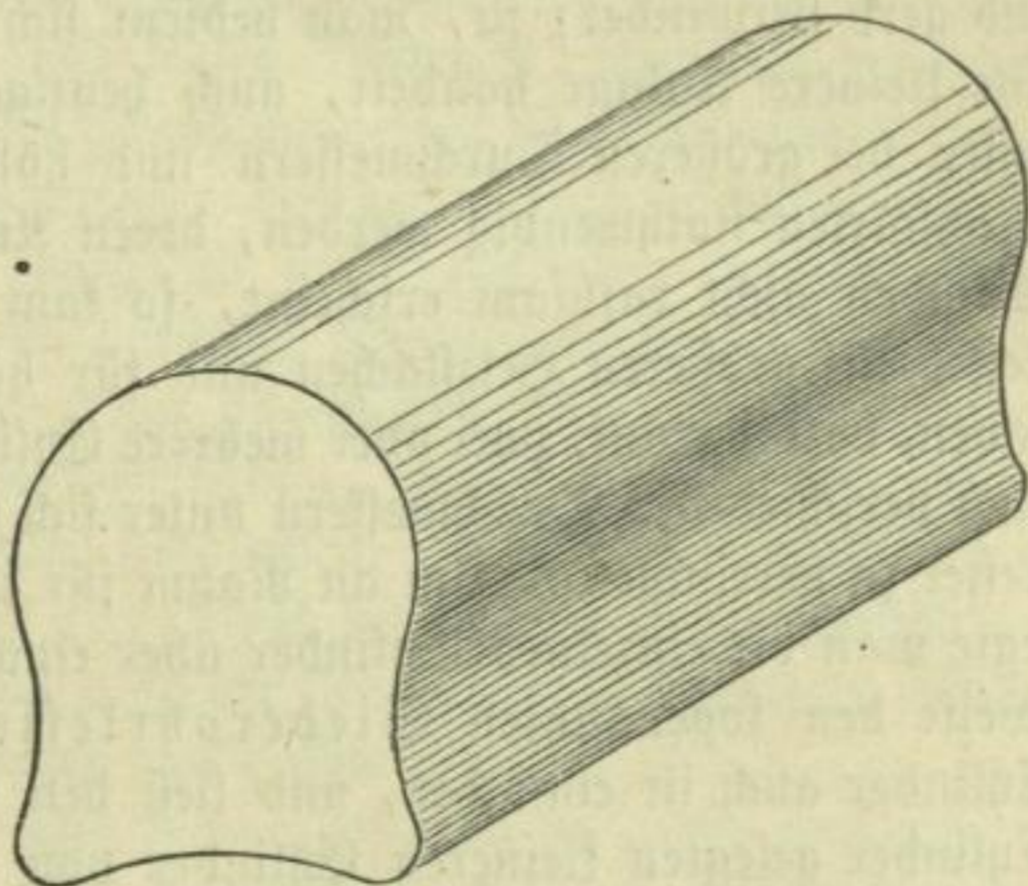


Fig. 3.

Durch den Koffer- kessel, welcher lange Zeit sehr beliebt war, gelangte man bereits zu Kesseln mit wesentlich größeren Heizflächen; bei demselben lag stets der Koft unter dem vorderen Ende des Kessels, und wurden die Heizgase zuerst unter dem Kesselboden hin, dann aber an den Seitenwänden des Kessels

entlang geführt. Damit der Kessel durch den Dampfdruck in seiner Form keine Aenderung erfährt, mußten natürlich die Seitenwände vor Ausbiegungen geschützt werden, zu welchem Zwecke diese Kesselwandungen durch zahlreiche Anker mit einander verbunden wurden. Hierdurch bekam aber der Kessel ein sehr großes Gewicht, und die vielen Anker erschwerten auch die innere Reinigung desselben. Sollte ein solcher Kessel mit einem nur einigermaßen höheren Dampfdrucke betrieben werden, so verlangten überdies die Kesselwandungen schon recht bedeutende Blechstärken.

Man ging bald dazu über, Kessel mit kreisförmigem Querschnitt, sogenannte Walzen- oder Cylinderkessel zu erbauen. Diese Kesselform bietet den Vortheil, daß bei ihr infolge des kreisförmigen Querschnittes jede Verankerung der Seitenwände oder des sogenannten Kesselmantels überflüssig wird, und dabei die Wandstärke weit geringer genommen werden darf, als bei dem Kofferkessel. Die Enden der Cylinderkessel schloß man früher durch halbkugelförmige Hauben ab; jetzt zieht man es vor, diesen Abschluß durch ebene oder nur schwach gewölbte Böden herzustellen, weil hierdurch die Einmauerung des Kessels weniger Raum und Mauerwerk erfordert, und auch die Befestigung der Sicherheitsvorrichtungen, wie die der Wasserstandsgläser u. s. w. an den Böden des Kessels eine bequemere wird.

Der Cylinderkessel wurde seiner Einfachheit wegen sehr häufig und gern verwendet; ja, man bedient sich seiner, wenn es sich um eine kleinere Anlage handelt, auch heutigen Tages noch. Da indessen bei größeren Durchmessern und höherem Druck schon wieder Blechstärken nothwendig werden, deren Anwendung aus praktischen Gründen nicht rathsam erscheint, so kam man bei dem Bestreben, Kessel mit größeren Heizflächen und für höheren Dampfdruck zu erbauen, bald darauf, zwei oder mehrere Cylinderkessel mit gleichen oder auch verschiedenen Durchmessern unter sich zu verbinden und zu einem Kessel zu vereinigen. Um an Raum für ihre Aufstellung zu sparen, legte man die einzelnen Cylinder über einander und erhielt auf diese Weise den sogenannten Siederohrkessel. Oder man legte die Cylinder auch in einander, und ließ den oder die in den größeren Cylinder gelegten kleineren Cylinder von der Flamme durchziehen; eine solche Zusammenstellung nennt man bekanntlich einen Flammenrohrkessel.

Aus den beiden neueren Grundformen, dem Siederohrkessel und dem Flammenrohrkessel, entwickelten sich aber sehr bald zahlreiche weitere Formen, auf welche in einem späteren Abschnitt noch näher einzugehen sein wird.

Für die Form der Dampfkessel ist nun im Allgemeinen die Größe der erforderlichen Heizfläche und die Höhe des Druckes, welchen der zu erzeugende Dampf besitzen soll, maßgebend; in manchen Fällen wird dieselbe auch von dem Raum, welcher für die Aufstellung des Kessels verfügbar ist, bestimmt.

Das Material, aus welchem die ersten Dampfkessel hergestellt wurden, war Kupfer; dasselbe findet indessen heutigen Tages, obgleich es sich infolge seiner guten Wärmeleitungsfähigkeit und seiner Zähigkeit als Material zu Kesselwandungen ganz vorzüglich eignet, seines hohen Preises wegen nur noch ausnahmsweise, zu besonderen Kesseltheilen, wie den Feuerbüchsen der Lokomotivkessel, Verwendung.

In den meisten Fällen werden die Dampfkessel aus Schmiedeeisen hergestellt; und zwar früher ausschließlich aus dem in den Hüttenwerken in Flammen- oder Buddel-Ofen aus Roheisen erzeugten Schweiß- oder Buddeleisen, neuerdings auch aus Flußeisen, welches in der Bessemer-Birne oder im Siemens-Martin-Ofen aus demselben Rohmaterial erzeugt wird. Das Flußeisen ist schlackenfreier, als das Schweißisen, und zeigt einen mehr feinkörnigen Bruch, während das Schweißisen sehnig-faseriges Gefüge besitzt. Auch ist das Flußeisen fester, als das Schweißisen; es läßt sich aber nicht so gut schweißen, wie das Schweißisen, und auch nur im erhitzten, rothwarmen Zustande biegen und hämmern, ohne Schaden zu leiden.

Die Verwendung von Stahl zu Dampfkesseln ist immer noch eine beschränkte geblieben, weil dieses Material, wenn es der abwechselnden Erhitzung und Abkühlung ausgesetzt ist, leicht rissig wird; zudem läßt es sich auch schwieriger bearbeiten, als Schmiedeeisen. Da die Stahlbleche aber bedeutend mehr Festigkeit besitzen, als Schweißisenbleche, so können natürlich Stahlblechkessel viel dünner und leichter gemacht werden. Von diesem Vortheile erwartete man früher große Erfolge im Dampfkesselbau, welche indessen des oben erwähnten Uebelstandes wegen ausblieben. Heutigen Tages stellt man hauptsächlich Kesseltheile aus Stahl her, welche große Festigkeit besitzen müssen, aber der Einwirkung der Flamme nicht ausgesetzt sind, wie die Mäntel der Schiffskessel und Lokomotivkessel.

Auch das Gußeisen wird immer seltener und nur zu besonderen Theilen verwendet, wie den Wasserstandstutzen, Rohrstutzen u. a., in welchem Falle es den Anschluß der verschiedenen Vorrichtungen und Rohrleitungen recht erleichtert. Da indessen Gußeisen oft innerlich Blasen und poröse Stellen enthält, auch die Erzielung ganz gleichmäßiger Wandstärken schwierig ist und oftmals mißlingt, so ist die Verwendung dieses spröden, unzuverlässigen Materiales

auf das unbedingt Nothwendigste zu beschränken. Insbesondere sollten die Domobertheile nie mehr aus Gußeisen hergestellt werden.

Wie unzuverlässig das Gußeisen ist, beweist ein vor einiger Zeit auf dem Wasserwerke der Stadt Dresden vorgekommener Unfall, bei welchem ein gußeiserner, auf den Kessel genieteter 500 mm weiter Mannhut oder Fahrstutzen bei der Wiedereinbetriebsetzung des gereinigten Kessels plötzlich an seinem ganzen Umfange abriß, obgleich der Dampfdruck erst etwas mehr, als die Hälfte des normalen betrug.

Auch die allgemeinen polizeilichen Bestimmungen vom 5. August 1890 berücksichtigen die Unzuverlässigkeit des Gußeisens; sie enthalten im § 1 die Bestimmung: „Die vom Feuer berührten Wandungen der Dampfkessel, der Feuerröhren und Siederöhren, dürfen nicht aus Gußeisen hergestellt werden, sofern deren lichte Weite bei cylindrischer Gestalt 25 cm, bei Kugelgestalt 30 cm übersteigt.“

Da sich Gußeisen dem Roosten gegenüber weit widerstandsfähiger und dauerhafter erweist, als Schmiedeeisen, so fertigt man aus ihm gern Rohrleitungen, Vorwärmer und andere derartige Theile an.

Das Messing findet so gut wie keine Verwendung mehr zu Dampfkesseln, weil es von der Flamme rasch zerstört wird und abbrennt oder schmilzt; § 1 der oben bezeichneten gesetzlichen Bestimmungen gestattet seine Verwendung nur für Feuerröhren, deren lichte Weite 10 cm nicht übersteigt. Früher stellte man die Heizröhren der Lokomotivkessel aus Messing her; aber auch in diesem Falle ist das Messing durch das viel billigere Eisen verdrängt worden.

Soll ein Dampfkessel, dessen Heizflächengröße und höchster Dampfdruck feststehen, erbaut werden, so ist zunächst über die Form und Bauart des Kessels eine Wahl zu treffen. Unter welchen Gesichtspunkten dies zu geschehen hat, darüber wird der neunte Abschnitt näheren Aufschluß geben.

Hiernach entwirft der Ingenieur einen Plan des zu erbauenden Kessels, wobei die Größenverhältnisse des Kessels derart zu wählen sind, daß die gewünschte Heizfläche erhalten wird.

Bekanntlich werden die Dampfkesselwandungen aus einzelnen Blechtafeln zusammengesetzt. Sehr wichtig ist, in welcher Stärke diese Blechtafeln zu wählen sind, was nach verschiedenen, zum Theil selbst entgegengesetzten Gesichtspunkten beurtheilt werden muß.

Die anzuwendende Blechstärke, insbesondere die der Kesselmäntel, hängt zunächst vom Durchmesser des Kessels ab; je größer der Durchmesser des Kessels gewählt worden ist, um so stärker sind bei demselben Dampfdruck die Wandungen zu machen. Dann spielt

aber natürlich der Betriebsdruck des Kessels eine wichtige Rolle; je höher dieser Druck ist, um so stärker müssen die Wandungen des Kessels hergestellt werden. Endlich ist die erforderliche Wandstärke abhängig von der Festigkeit oder Widerstandsfähigkeit des gewählten Materiales; je fester die Bleche sind, aus welchen der Kessel hergestellt wird, um so schwächer können sie genommen werden.

Berücksichtigt man bei den eben aufgezählten Gesichtspunkten nur die Festigkeit und Widerstandsfähigkeit des Kessels, wobei zugleich die nöthige Sicherheit gegen eine Explosion erzielt wird, so macht sich auf der anderen Seite der Nachtheil geltend, daß der sicherste Kessel die stärksten Wandungen verlangt und dann natürlich der schwerste und dabei theuerste wird; ein zu großes Gewicht muß aber besonders bei Kesselarten, wie den Schiffskesseln, Lokomotivkesseln u. a. vermieden werden.

Der Ingenieur wird daher zwischen Festigkeit und Sicherheit einerseits und Gewicht andererseits recht sorgfältig abwägen und die Berechnung der Wandstärken des Kessels in einer Weise vornehmen müssen, bei welcher aus derselben sowohl ein genügend starker und sicherer, als auch ein nur mäßig schwerer Kessel hervorgeht.

Zu dem Verständnisse der Wandstärkenberechnungen gehören eingehende mathematische Kenntnisse; es muß daher auf eine Erläuterung derselben verzichtet werden, und sei nur noch bemerkt, daß früher die Wandstärken der Dampfkessel auf Grund solcher Berechnungen gesetzlich vorgeschrieben waren. Da indessen diese Vorschriften keinen Unterschied zwischen schlechtem und gutem Material machten, sondern einfach bestimmten, bei diesem Durchmesser und Dampfdruck muß der Kessel jene bestimmte Wandstärke besitzen, so wurden sie später wieder aufgehoben.

Heutigen Tages richten sich die Kesselfabriken und Aufsichtsbeamten bei Bemessung und Beurtheilung der Wandstärken eines Dampfkessels nach ähnlichen, aber verbesserten Vorschriften, von welchen indessen je nach der Güte des Materiales auch abgewichen wird.

Sehr zu empfehlen sind die von dem Verbande der Dampfkessel-Überwachungs-Vereine aufgestellten Normen für die Wandstärken der Dampfkessel.

Die üblichen Vorschriften für die Wandstärken der Kessel beziehen sich nur auf die cylindrischen Kesselmäntel und Rohre, bei welchen der Druck von innen, sowie auf die Flammenrohre, bei welchen der Druck von außen wirkt; für die ebenen Böden und sonstigen Kesselwände ist nichts festgesetzt worden, da hierbei die Art und Weise der Verankerung und Versteifung einen wesentlichen Einfluß ausübt.

Es ist übrigens darauf hinzuweisen, daß der Kesselfabrikant verpflichtet ist, nur gutes Material zu verwenden und sorgfältig zu arbeiten; nach dem Strafgesetzbuch haftet er für die Folgen von Unglücksfällen, welche durch wissentliche Verwendung schlechten Materiales und durch mangelhafte Arbeit herbeigeführt werden.

Zu den schmiedeeisernen Kesselplatten, welche dem Feuer ausgesetzt sind, den Feuerplatten, wählt man nun selbstverständlich die besten, sogenannten Feinkornbleche; zu den übrigen Theilen genügt eine etwas geringere Qualität.

Die Verbindung der einzelnen Blechtafeln der Kessel erfolgt bei Kupfer und Messing durch Löthung oder Nietung, bei Verwendung von Eisen und Stahl aber durch Schweißung oder Nietung. Die Verbindung durch Nietung ist die am meisten gebräuchliche.

Von einer guten Nietung wird zweierlei verlangt, nämlich Dichtigkeit und Festigkeit; um diesen Ansprüchen zu genügen, muß man bei Kesseln, welche mehr als 1,5 m Durchmesser besitzen und für höheren Dampfdruck bestimmt sind, an Stelle der einfachen oder einreihigen Nietung doppelreihige, ja selbst dreireihige Nietungen anwenden. Eine völlige Dichtigkeit der Naht wird bekanntlich erst durch das sogenannte Verstemmen erreicht.

Um dichte Nähte zu erhalten, darf man vor allen Dingen die Entfernung zwischen den einzelnen Nietten nicht zu groß wählen; ist diese Entfernung eine zu große, so ist das Hindurchdringen von Wasser oder Dampf zwischen den beiden Blechen unvermeidlich. Macht man sie dagegen zu klein, so erhält man zwar eine dichte Naht, aber eine solche mit sehr vielen Nietten, welche unnöthig viel Arbeit erfordert.

Um Dichtigkeit zu erzielen, darf man ferner die Entfernung des Nietloches vom Blechrande nicht zu groß machen. Das Dichtstemmen einer Naht erfolgt dadurch, daß die Kante des äußeren, übergreifenden Bleches mit dem Stemmer aufgetrieben und auf das unter ihm liegende Blech gepreßt wird; ist aber die Entfernung zwischen Nietloch und Blechrand zu groß, so fängt der breite, übergreifende Blechstreifen an zu federn, und es ist dann dem Kesselschmied ganz unmöglich, die Naht dicht zu bekommen. Macht man dagegen die Entfernung des Nietloches vom Blechrande zu klein, so können schon während des Nietens Risse zwischen Nietloch und Blechrand entstehen.

Endlich muß aber auch der Durchmesser der Nietten zur Stärke der zu verbindenden Bleche in einem gewissen Verhältnisse stehen; zu dünne Nietten können durch den im Kessel herrschenden



Dampfdruck abgerissen werden, während bei zu stark gewählten Nietten zwischen den letzteren zu wenig Blech übrig bleibt, und dieses wieder der Gefahr des Abreißens ausgesetzt ist.

Aus diesen Erläuterungen geht hervor, daß es nothwendig ist, sich bei der Anfertigung der Nietungen sowie bei Reparaturen an gute, bewährte Regeln zu halten, deren Anwendung eine dichte und feste Naht sichert. Als sehr empfehlenswerth sind in dieser Beziehung die folgenden einfachen Regeln des französischen Kesselfabrikanten Lemaitre (spr. Lemäter) zu bezeichnen:

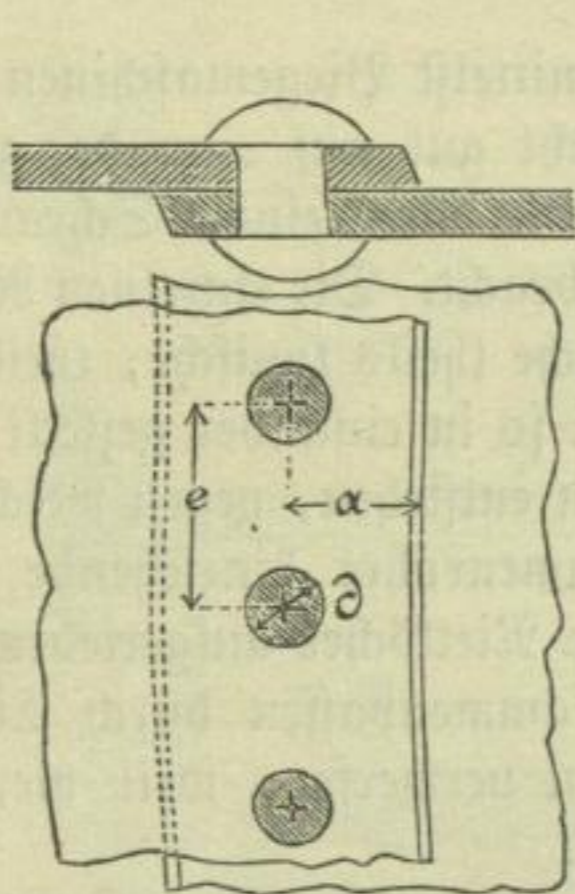


Fig. 4.

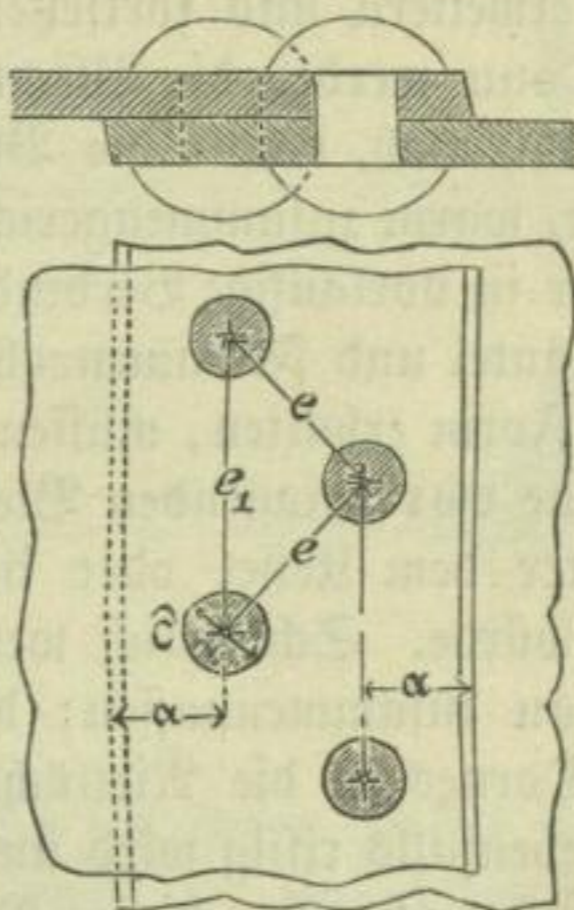


Fig. 5.

Man mache bei der einfachen und doppelreihigen Nietung (Figuren 4 und 5) den Nietdurchmesser  $d$

$$d = 4 \text{ mm} + 1,5 \text{ mal Blechstärke};$$

den Abstand des Nietloches vom Blechrande  $a$

$$a = 1,5 \text{ mal Nietdurchmesser},$$

und die Entfernung zweier Nietten von einander  $e$ , beziehungsweise  $e_1$

$$e = 10 \text{ mm} + 2 \text{ mal Nietdurchmesser},$$

$$e_1 = 20 \text{ mm} + 3 \text{ mal Nietdurchmesser}.$$

Hiernach wird z. B. bei 12 mm starken Kesselblechen:

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$a = 33 \text{ mm}$$

$$e = 54 \text{ mm}$$

$$e_1 = 86 \text{ mm}$$

Bei dem eigentlichen Bau der Dampfkessel wird in folgender Weise vorgegangen:

Nachdem die einzelnen Blechtafeln vorgezeichnet worden sind, wobei darauf geachtet wird, daß bei den Blechen der Kesselmäntel

die Walzrichtung des Bleches in die Richtung des Kesselumfanges zu liegen kommt, weil in dieser Richtung die Bleche einen größeren Widerstand zu leisten haben und auch etwas mehr Festigkeit besitzen, werden sie durch Beschneiden, Behauen oder Behobeln in die erforderliche Größe gebracht und an den Kanten etwas abgeschrägt; an den Ecken, wo mehrere Platten über einander zu liegen kommen, spitzt man dieselben zu. Hierauf werden die Nietlöcher gelocht oder gebohrt; das letztere Verfahren ist das bessere, weil bei dem Lochen oder Stanzen das Blech keine Rißchen bekommt, welche sich oft später erweitern und fortsetzen.

Dann werden die Blechtafeln mittelst Biegemaschinen gebogen und wohl auch, damit die Bleche recht gut auf einander zu liegen kommen, warm zusammengerichtet, sowie durch einige Schrauben mit einander in vorläufige Verbindung gebracht. Die einzelnen Ringe der Kesselmäntel und Flammenrohre, welche theils konische, theils cylindrische Form erhalten, müssen hierbei so in einander gesteckt werden, daß keine vorspringenden Blechkanten entstehen, gegen welche später die unter dem Kessel oder im Flammenrohre hinziehende Flamme stoßen würde. Schließlich werden die Nietlöcher aufgerieben, damit sie genau zusammenpassen; das Zusammenpassen durch Eintreiben eines Dornes in die Nietlöcher ist zu verwerfen, weil hierbei das Blech ebenfalls rissig wird und leidet.

Erst nach allen diesen Vorarbeiten kann mit dem Zusammennieten begonnen werden. Die Haupttheile, den Mantel, die Flammenrohre, die Feuerbüchse und andere stellt man zunächst getrennt für sich her; die Kesselböden, welche meistens ungebördelte Ränder erhalten, werden von den Hütten in dieser Form sowie in jeder beliebigen Größe und Stärke vorräthig gehalten und geliefert.

Endlich erfolgt das Zusammennieten der einzelnen Haupttheile des Kessels, wobei man darauf zu achten hat, daß die Längsnähte der Kesselmäntel in die Seitenzüge zu liegen kommen, damit sie der ersten Flamme entzogen werden, leicht zu beobachten sind und zugänglich bleiben, die Längsnähte der Flammenrohre aber nach unten, an welcher Stelle sich im Betriebe sehr bald schützende Flugasche ablagert.

Werden die Wandungen eines Kessels mit größeren Oeffnungen, wie die zum Befahren des Kessels erforderlichen Mannlöcher, versehen, so ist die hierdurch entstandene Schwächung der Wand durch Aufnieten eines Verstärkungsringes wieder auszugleichen.

Von großer Wichtigkeit sind ferner die Verankerungen oder Versteifungen, mit welchen die ebenen Kesselböden und sonstigen

Wandungen, sofern dieselben nicht genügend durch Flammenrohre oder Heizröhren gehalten werden, gegen Formveränderungen oder Ausbiegungen durch den Dampfdruck geschützt werden müssen.

Bei kleinen Kesselböden genügt meistens eine innen auf den Boden genietete Winkelleisenschiene, die erforderliche Steifigkeit zu erzielen.

Größere Kesselböden werden zu diesem Zwecke oft durch schmiedeeiserne Anker mit einander verbunden; die Enden der Anker erhalten Gewinde und je zwei Mutttern und Unterlegscheiben,

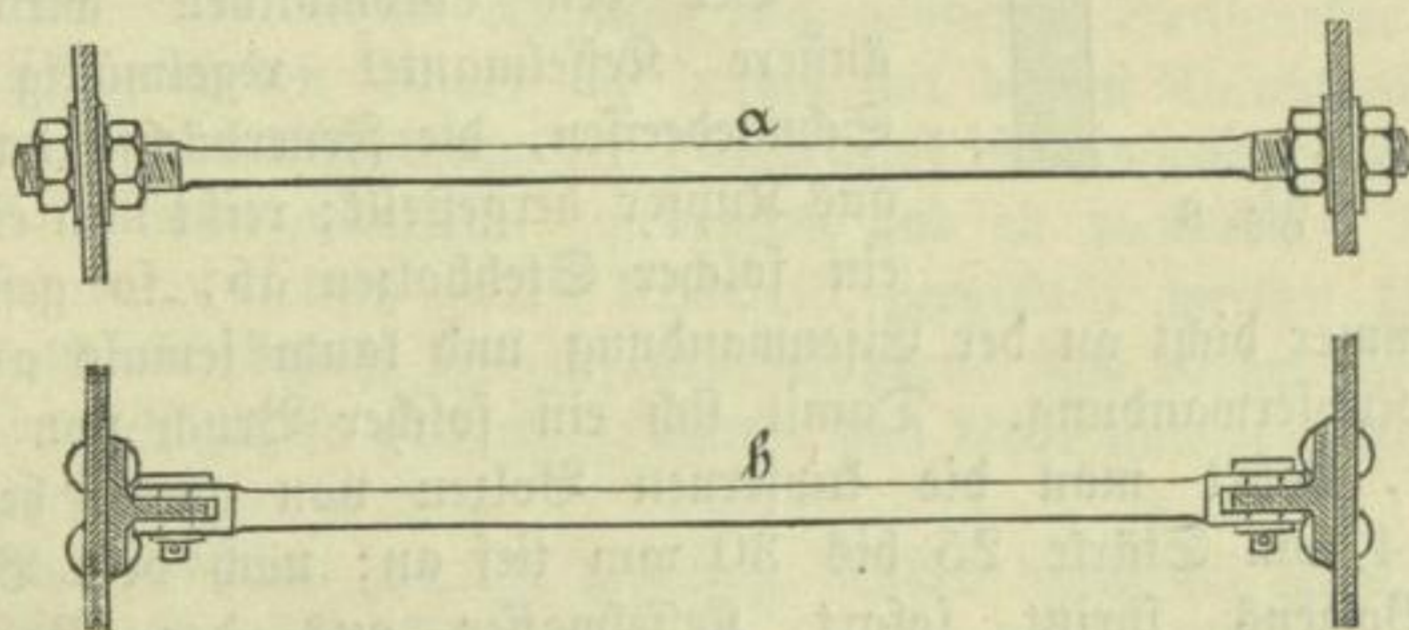


Fig. 6.

welche letzteren die Kesselböden zwischen sich fassen (Figur 6 a). Da indessen die Mutterverbindungen leicht zu Undichtheiten Anlaß geben, so zieht man auch vor, auf die Böden Winkelschienen aufzunieten, deren Schenkel durch Gabelanker mit durchgesteckten Bolzen verbunden werden (Figur 6 b); man umgeht auf diese Weise jede Dichtung.

Eine zweite, ebenfalls sehr häufig angewendete Art der Bodenversteifung ist die durch Blechwinkel, welche einerseits am Kesselmantel, andererseits am Kesselboden angenietet werden (Figur 7). Hierbei ist es gut, die Blechwinkel immer an jedem Ende mit zwei Winkelleisen zu versehen, zwischen welchen das Blechstück zu liegen kommt; die Befestigung mit einem Winkelleisen ist eine einseitige, welche nachgiebt.

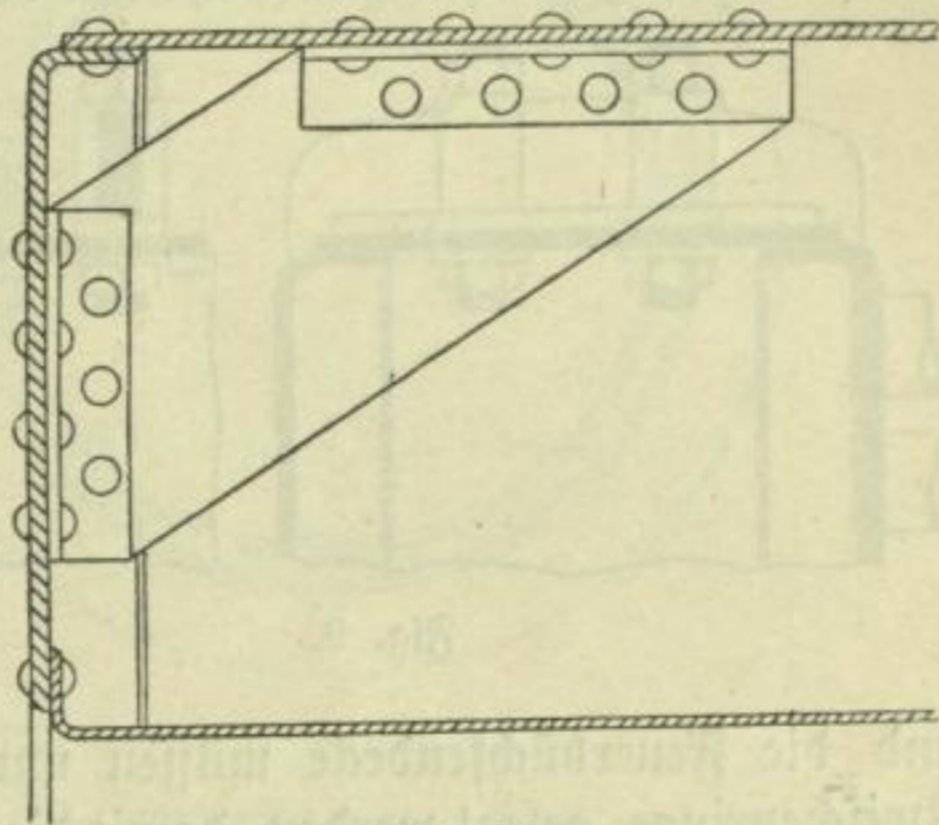


Fig. 7.

Die ebenen Seitenwände der Feuerbüchsen von Lokomotiv- und Schiffskesseln müssen mit dem äußeren Kessel, um beide Kesseltheile vor Formveränderungen zu schützen, durch eine große Anzahl Stehbolzen verbunden werden. Es sind dies cylindrische, mit

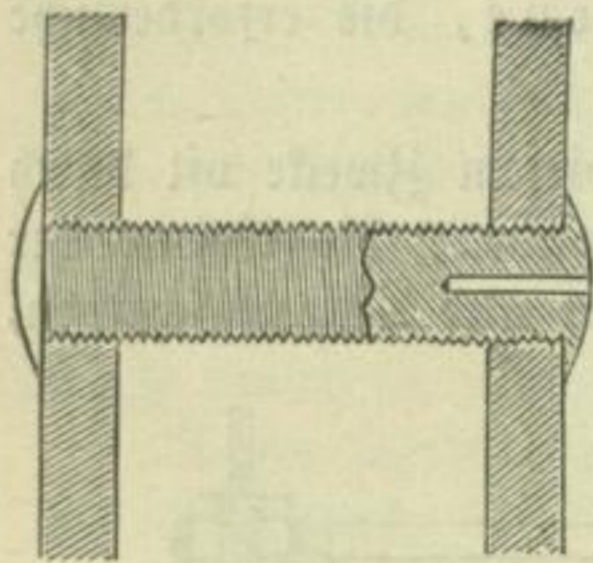


Fig. 8.

Schraubengewinde versehene, schmiedeeiserne oder kupferne Bolzen, welche in beide Kesselwände eingeschraubt werden; die vorstehenden Enden erhalten einen Nietkopf (Figur 8).

Bei den Lokomotiven wird der äußere Kesselmantel regelmäßig aus Schmiedeeisen, die Feuerbüchse dagegen aus Kupfer hergestellt; reißt nun einmal ein solcher Stehbolzen ab, so geschieht dies immer dicht an der Eisenwandung und kaum jemals an der zähen Kupferwandung. Damit sich ein solcher Bruch von selbst anzeigt, bohrt man die kupfernen Bolzen von außen her in 3 bis 4 mm Stärke 25 bis 30 mm tief an; nach dem Bruche des Bolzens spritzt sofort Kesselwasser aus der Bohrung desselben heraus und macht den entstandenen Schaden bemerkbar. Die Stehbolzen der Lokomotivkessel werden ohne Ausnahme mit solchen Anbohrungen versehen.

Die ebenen Decken der Feuerbüchsen und Feuerkisten, auf welche der Dampfdruck von außen wirkt, versteift man entweder ebenfalls durch Stehbolzen (siehe den Lokomotivkessel im siebenten Ab-

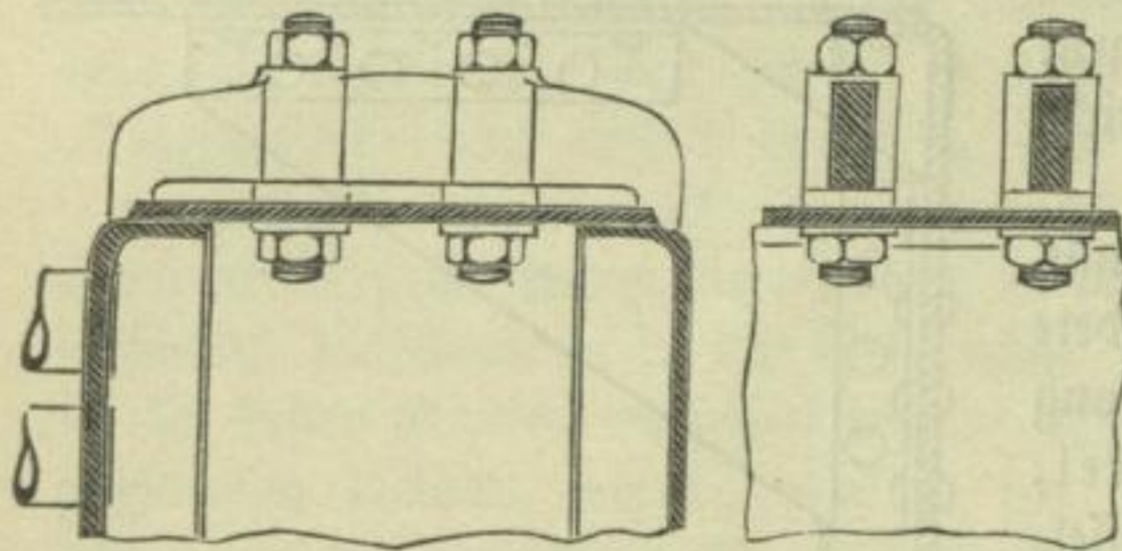


Fig. 9.

schnitt), oder legt auch schmiedeeiserne bezw. gußstählerne Schienen auf diese Kesselwandungen und hängt die letzteren mittelst Nietbolzen oder Schrauben auf (Figur 9). Zwischen die Deckenschienen

und die Feuerbüchsendecke müssen um die Nieten oder Schrauben Zwischenringe gelegt werden, damit die Schiene nicht mit ihrer ganzen Länge auf der Feuerbüchse aufruhet, sondern letztere überall noch vom Wasser benetzt wird.

Der äußere Mantel eines Cylinderkessels bedarf keiner Versteifung; sollte seine Form auch nicht genau kreisförmig, sondern

etwas unrund sein, so hat der allseitig von innen wirkende Dampfdruck nur das Bestreben, den beim Bau des Kessels entstandenen Fehler zu beseitigen und die unrunde Form des Kessels in die kreisförmige überzuführen.

Ganz anders liegt die Sache bei den Flammenrohren der Flammenrohrkessel, welche von allen Seiten einem äußeren Drucke ausgesetzt sind; dieselben haben nämlich nur so lange kein Bestreben, ihre Form zu ändern, als diese vollkommen kreisrund ist. Besitzt aber ein solches Rohr eine etwas unrunde Form, so erfährt das Rohr in der senkrechten Richtung zum größeren Durchmesser einen wesentlich größeren Druck, als in der mit diesem Durchmesser zusammenfallenden Richtung; der Dampfdruck ist also jederzeit bestrebt, das Rohr flach zusammen zu drücken und zu zerstören. Da die Flammenrohre selten genau kreisrund hergestellt werden können, so ist auch die Gefahr des Zusammenklappens stets vorhanden; diese Gefahr wird um so größer, je länger das Rohr und je größer sein Durchmesser ist.

Nun erhalten zwar kurze, enge Rohre durch die Kesselböden eine genügend große Steifigkeit; bei langen, weiten Rohren ist man aber gezwungen, dieselben mit besonderen Versteifungen zu versehen, um die erforderliche Sicherheit gegen das Zusammenklappen zu erzielen.

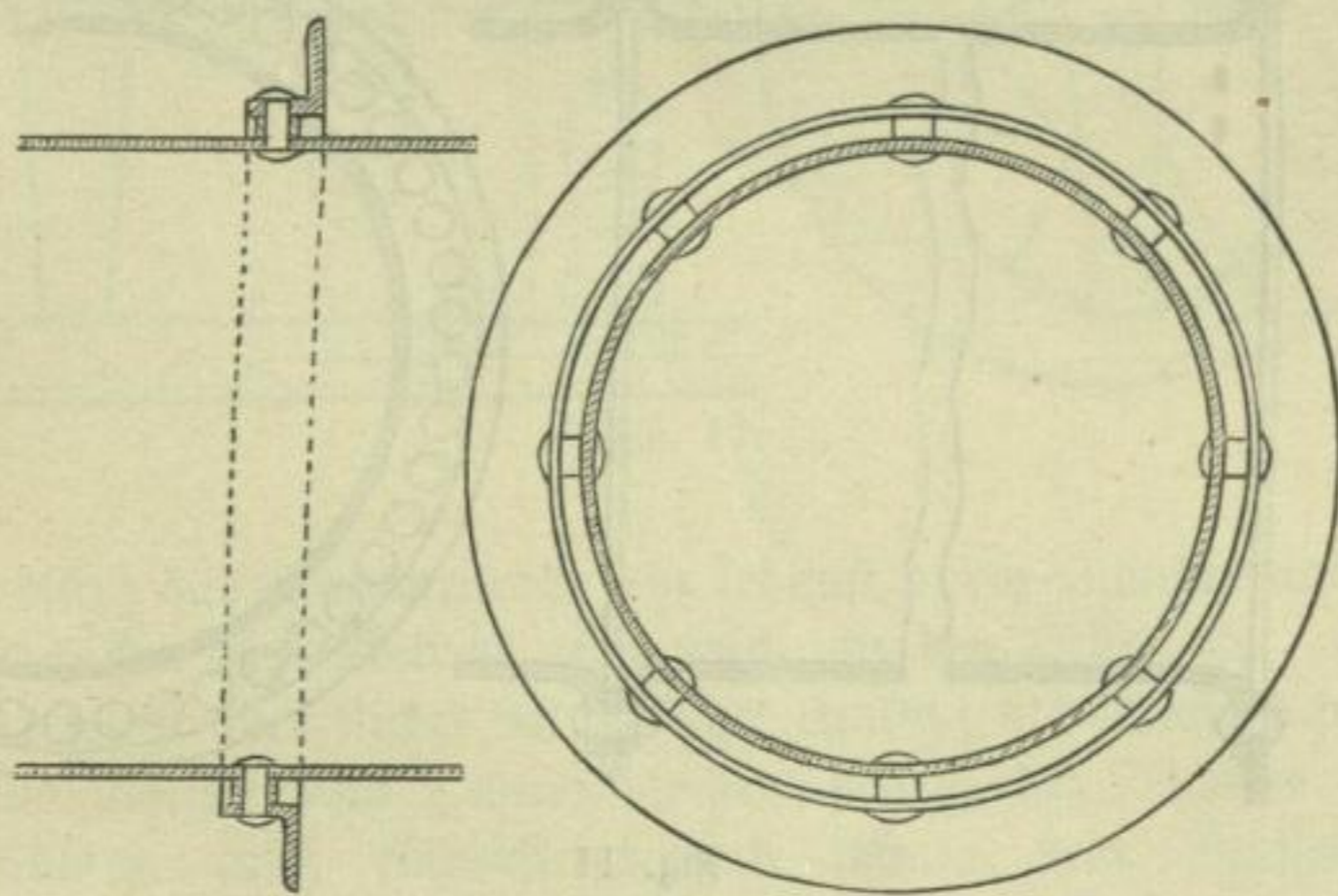


Fig. 10.

Die Versteifung der Flammenrohre kann in der verschiedensten Weise erfolgen; die einfachste ist die von dem Engländer Fairbairn (sprich Färbärrn) erfundene durch Winkelringe.

Ein aus Winkelisen hergestellter Ring, welcher etwa 50 mm weiter ist, als der äußere Durchmesser des Flammenrohres, wird um das letztere gelegt und mit demselben durch eine Anzahl Nieten ver-

bunden (Figur 10). Um die Nieten, zwischen Winkelring und Flammenrohr, legt man wieder schmale Zwischenringe, damit der Winkelring nirgends aufliegt, und das Wasser alle Theile des Rohres berührt. Man bringt solche Ringe in Abständen von 2 bis 3 m von einander an; ihre Anzahl richtet sich also nach der Länge des Flammenrohres.

Bei neuen Kesseln wendet man geschweißte Winkelringe an. Auch die Flammenrohre von alten Kesseln können auf diese Art noch gut nachträglich versteift werden; nur muß man dann die Ringe aus zwei Theilen herstellen, welche im Inneren des Kessels zusammengeschraubt oder genietet werden.

Eine andere, aber etwas theurere Versteifung der Flammenrohre erhält man dadurch, daß man die einzelnen Ringe derselben nicht mit einer Längsnietnaht versieht, sondern dieselben geschweißt herstellt, die Enden der Trommeln umbördelt, und die letzteren hierauf unter Zwischenlegung eines flachen, hohen Ringes, welcher dem Rohre sowohl große Steifigkeit verleiht, als auch das Dichtstemmen der Verbindung erleichtert, zusammennietet (Figur 11).

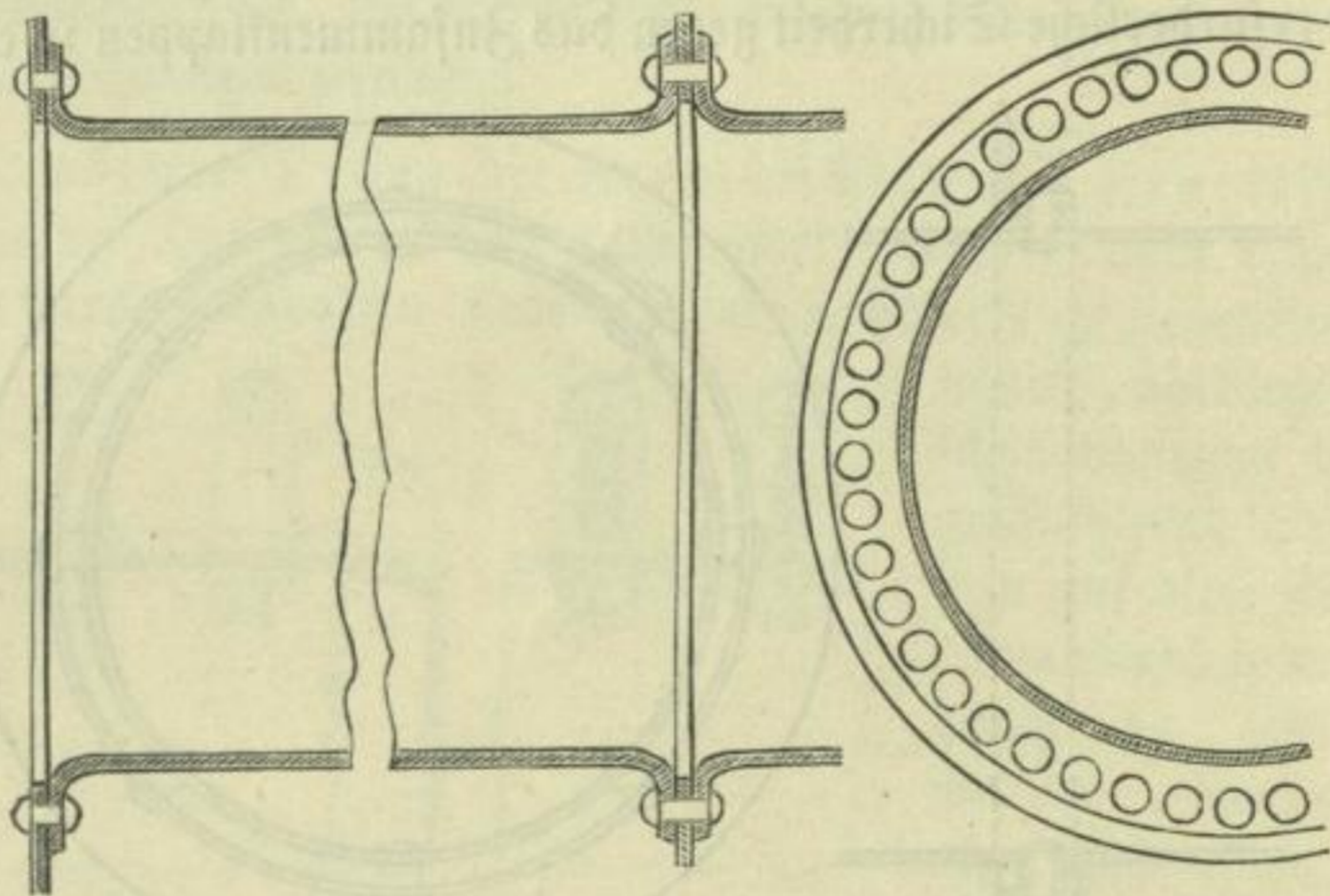


Fig. 11

Diese, von dem Engländer Adamson eingeführte Art der Versteifung hat den Vortheil, daß alle Nietnähte der Einwirkung der Flamme vollständig entzogen werden, und daß ein mit derselben versehener Kessel von der durch die Einwirkung der Flamme verursachten Ausdehnung weit weniger zu leiden hat, weil das Flammenrohr in den Bördelungen etwas federt. Die gewöhnlichen, glatten Rohre drücken dagegen bei ihrer Ausdehnung mit großer Gewalt die

Kesselböden nach außen und werden auch mit derselben Kraft in sich zusammen gedrückt.

Eine weitere Art der Flammenrohrversteifung ist die durch sogenannte Galloway-Röhren oder Pfeifen, nach ihrem Erfinder, dem Engländer Galloway (sprich Gallowee) so genannt (Figur 12).

Gewöhnlich liegt der Koft bei den Kesseln, welche Galloway-Röhren besitzen, im vorderen Theile des Flammenrohres; etwas hinter der sogenannten Feuerbrücke beginnen die Gallowayröhren. Es sind dies konische, geschweißte Röhren, deren Enden umgebördelt werden. Die Flammenrohre erhalten oben und unten Oeffnungen, deren Weiten so bemessen sind, daß der untere Flansch der Gallowayröhre durch die obere Oeffnung hindurch geht. Die Gallowayröhren können demnach von oben in das Flammenrohr gesteckt und mittelst Vernietung mit demselben verbunden werden. Immer erhält ein Flammenrohr eine ganze Anzahl solcher Röhren, welche abwechselnd verschieden geneigt werden. Die Heizgase wirbeln daher auf ihrem

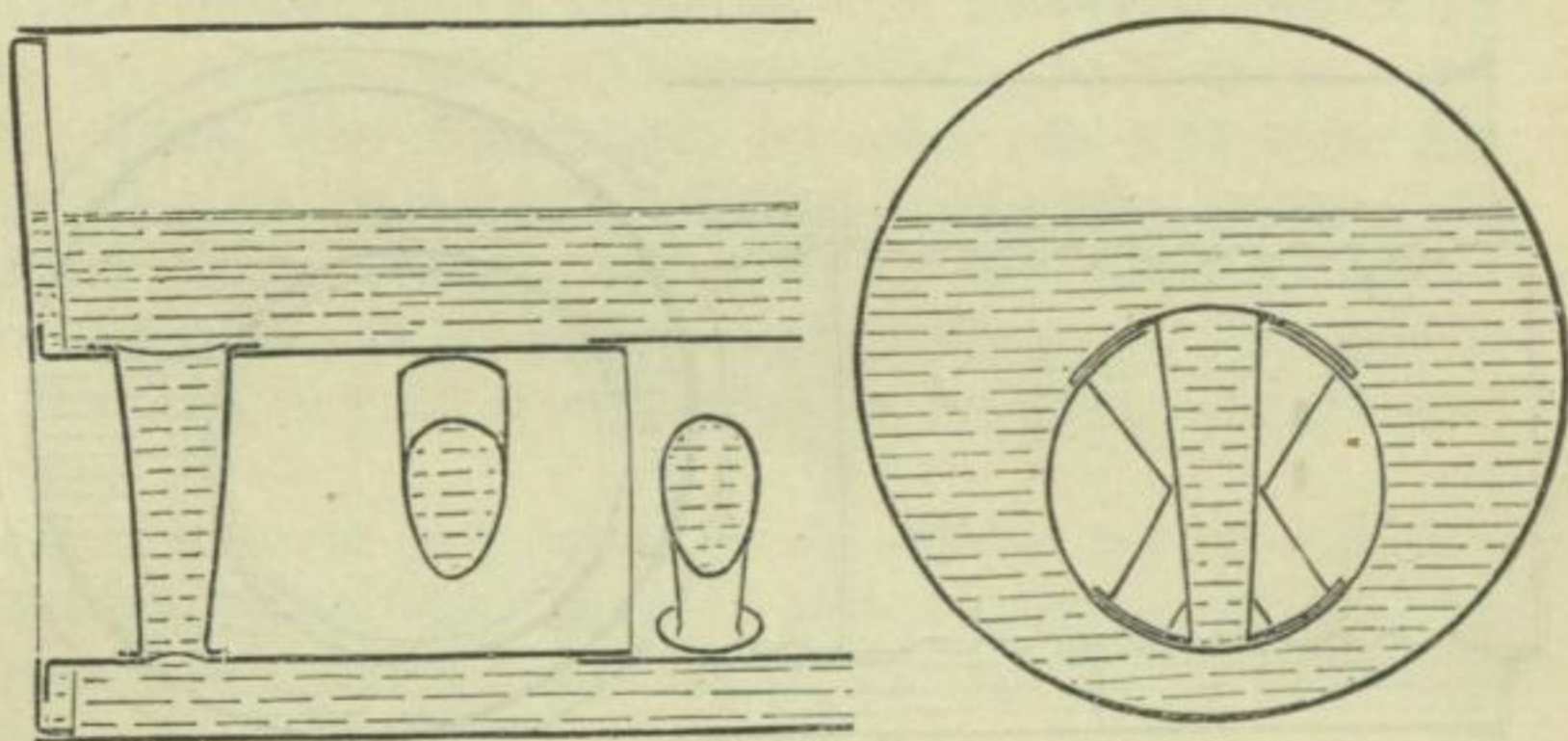


Fig. 12.

Wege durch das Flammenrohr sehr lebhaft durch einander und geben infolge dessen ihre Wärme recht rasch an den Kessel ab. In den Röhren selbst aber findet ein kräftiger Umlauf des Wassers statt, da der aus Wasser und Dampfbläschen bestehende, leichtere Inhalt der Röhren rasch emporsteigt und immer neue Wassermassen von unten nachzieht. Der Wasserinhalt des Kessels nimmt daher die Wärme sehr schnell auf, und man erhält eine sehr lebhaftere Verdampfung, wobei zugleich die Ansetzung von Kesselstein infolge der Strömung des Wassers vermindert werden soll.

Bietet diese Art der Flammenrohrversteifung überdies den Vortheil, daß die Heizfläche des Kessels um einen beträchtlichen, sehr wirksamen Theil vermehrt wird, so kann doch auf der anderen

Seite nicht in Abrede gestellt werden, daß die Reinigung derartiger Flammenrohre von Flugasche und Ruß eine recht unangenehme Arbeit ist.

Eine neue und vortreffliche Art, die Flammenrohre zu versteifen, ist die des Engländers Fox.

Fox stellt die einzelnen Rohrtrommeln zunächst wieder glatt, ohne Längsnähte, also geschweißt her, versteht sie aber alsdann vermittelst eines besonderen Walzwerkes mit ringförmigen Wellen (Figur 13). Durch diese, gewöhnlich 50 mm tiefen Wellen wird nun ein Flammenrohr außerordentlich gut versteift. Versuche mit zwei geschweißten, 965 mm weiten, 2235 mm langen und  $9\frac{1}{2}$  mm starken Rohren, von denen das eine glatt, das andere aber gewellt war, ergaben, daß das glatte Rohr bei einem äußeren Drucke von 15,8 Atmosphären zusammengedrückt wurde, das gewellte dagegen erst bei einem Drucke von 71,7 Atmosphären. Die Widerstandsfähigkeit des gewellten Rohres erwies sich mithin ungefähr  $4\frac{1}{2}$  mal so groß, als die des glatten Rohres.

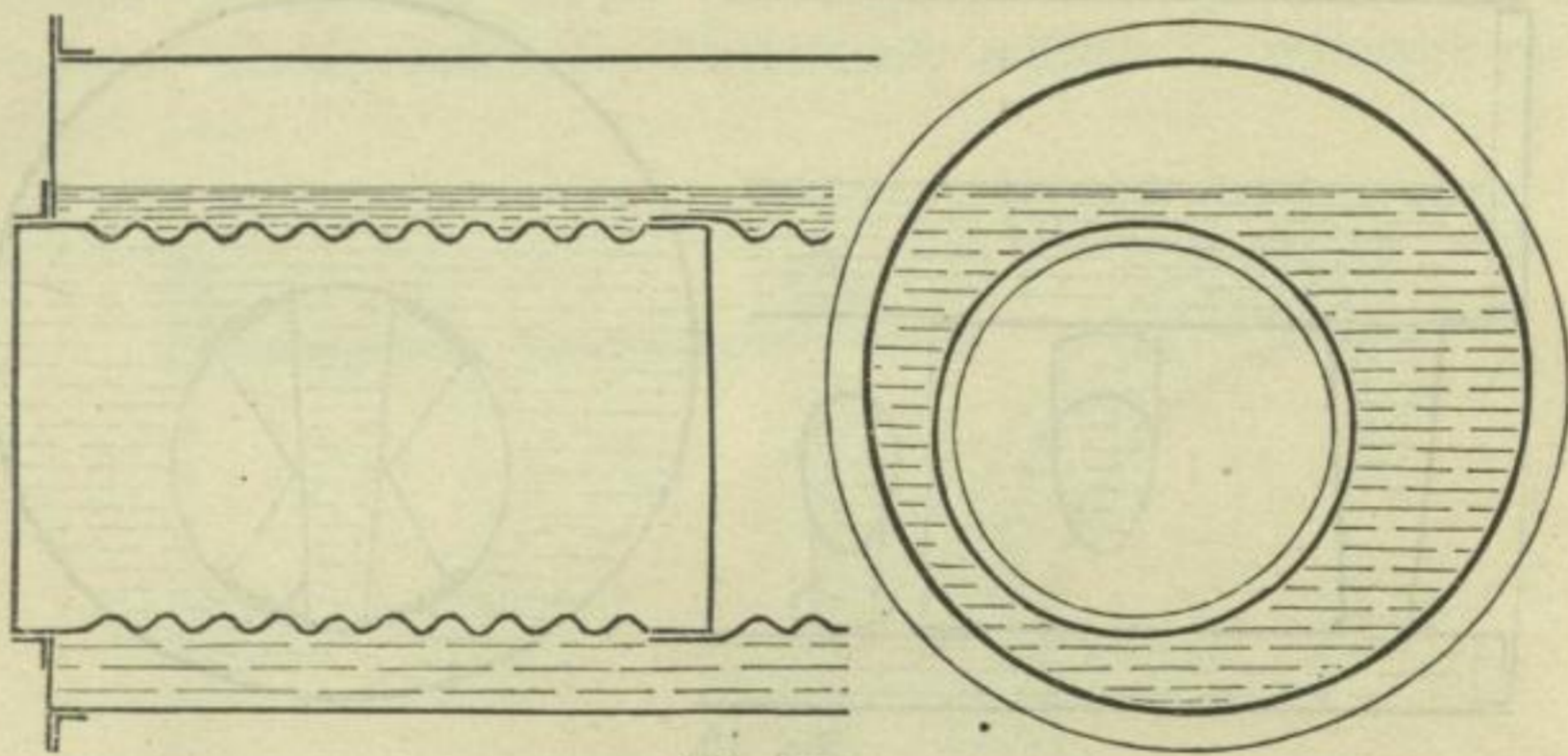


Fig. 13.

Die Wellrohre bieten außer ihrer großen Sicherheit eine ganze Reihe wichtiger Vortheile.

Vor Allem gestatten sie die Anwendung sehr weiter Rohre. Der Durchmesser derselben kann bis 1500 mm betragen, und die Blechstärke braucht nicht größer zu sein, als 10 bis 11 mm; während die gewöhnlichen Rohre nicht weiter als 1000 mm herzustellen sind, zu ihrer Herstellung aber schon bei mäßigem Dampfdrucke 15 mm starke Bleche verwendet werden müssen. Man bekommt durch das Wellrohr also ein verhältnißmäßig leichtes Flammenrohr.

Infolge des größeren Durchmessers läßt sich aber jetzt bei großen Kesseln auch der erforderliche große Krost im Flammenrohr gut unterbringen, was bei glatten Rohren leider oft schwierig, ja unmöglich ist. Die in gewöhnliche Flammenrohre eingebauten Koste



müßten nämlich bei großen Kesseln des kleineren Rohrdurchmessers halber sehr lang werden; einen über 2 m langen Koft kann aber ein Heizer gar nicht mehr bedienen. Der Ingenieur sieht sich alsdann gezwungen, den Kessel mit einem zu kleinen Koft zu versehen, was aber, wie der dritte Abschnitt zeigte, die Verbrennung leicht in nachtheiliger Weise beeinflusst. Die Verwendung eines Wellrohres hilft indessen rasch über dieses, die Güte der Kesselanlage beeinträchtigende Hinderniß hinweg.

Ein weiterer Vorzug des gewellten Flammenrohres, gegenüber dem glatten, besteht auch in der wesentlich größeren Heizfläche des ersteren; dabei ist die Heizfläche eine weit bessere, als die des glatten Rohres, weil die Heizgase durch die Wellen in Wirbelungen versetzt werden, wodurch, wie bei den Gallowayröhren, die Wärme rascher an die Kesselwand abgegeben und die Dampfbildung vermehrt wird.

Endlich soll sich auf den gewellten Flammenrohren weniger Kesselstein ansetzen, als auf glatten Rohren; in Folge der im Betriebe eintretenden, abwechselnden Erhitzung und Abkühlung werden die Wellen des ersteren bald zusammengedrückt, bald wieder ausgestreckt. Durch diese Bewegungen soll aber ein beständiges Abblättern und Abspringen des Kesselsteines herbeigeführt werden. Ob dies wirklich zutreffend ist, mag dahingestellt bleiben; immerhin sind die größere Sicherheit und die größere zulässige Weite der Wellrohre so große Vortheile, daß sich ihre Verwendung bei großen Kesseln aufs Beste empfiehlt.

So besitzt denn auch eine große Anzahl der auf der Elbe verkehrenden Schleppdampfer Kessel mit solchen Wellfeuerrohren; auch bei diesen Kesseln mit ihrem angestregten Betriebe haben sich die Wellrohre bestens bewährt.

Es sei noch bemerkt, daß die Gewerkschaft Schulz-Rnaudt in Essen das Fox'sche Patent für Deutschland erworben hat und Wellfeuerrohre in verschiedenen Längen und Weiten anfertigt und vorräthig hält.

Die sogenannten Heizröhrenkessel, die Kessel der Lokomotiven und Lokomobilen sowie die Schiffskessel erhalten bekanntlich eine große Anzahl von engen Röhren, welche vom Wasser umspült und von den Heizgasen durchzogen werden. Die Befestigung dieser Röhren in den ebenen Kesselböden oder sogenannten Rohrwänden geschieht auf eine sehr einfache Weise; entweder treibt man die in die Rohrwände eingesteckten Röhren unter Zuhilfenahme eines konischen Stahldornes mit dem Hammer auf, oder man walzt sie mit einem besonderen Instrumente, welches mit drei kleinen, zum Auseinanderpressen eingerichteten Walzen versehen ist und in das Rohr gesteckt wird, auf und erzielt auf solche Weise zugleich mit der Befestigung eine dichte Verbindung der Röhren mit der Rohrwand.

Ist ein Dampfkessel fertiggestellt und in allen seinen Nähten und Verbindungsstellen gut dicht gemacht, so darf er doch keineswegs ohne Weiteres in Betrieb gesetzt werden; es hat nunmehr die gesetzlich vorgeschriebene Wasserdruckprobe des Kessels zu erfolgen. Diese Druckprobe nimmt der von der Regierung hierzu ernannte oder ermächtigte Beamte vor.

Bei der Wasserdruckprobe wird der Kessel vollständig mit Wasser gefüllt, seine Oeffnungen werden dicht verschlossen; hierauf wird mittelst einer mit dem Kessel in Verbindung gebrachten Druckpumpe so lange Wasser in den sich in geringem Maße ausdehnenden Kessel gepreßt, bis der gesetzlich vorgeschriebene Probedruck erreicht ist. Beträgt der festgesetzte höchste Betriebsdruck des Kessels weniger als 5 Atmosphären Ueberdruck, so ist als Probedruck ein Ueberdruck von doppelt so vielen Atmosphären anzuwenden, als der Betriebsdruck angiebt; für Kessel mit mehr als 5 Atmosphären Ueberdruck hat dagegen der Probedruck den beabsichtigten Betriebsdruck um 5 Atmosphären zu übersteigen.

Der Kessel hat die Prüfung bestanden, wenn er sich vollkommen dicht zeigt und ohne Formveränderungen und Risse bleibt; er wird dann von dem Beamten für diensttüchtig erklärt. Der Beamte versteht nunmehr die Nieten des am Kessel befestigten Fabrik Schildes mit dem amtlichen Stempel und stellt über die vorgenommene Druckprobe ein Zeugniß aus.

Ist der Kessel aber undicht, bekommt er Risse, oder vermag er den Probedruck nicht auszuhalten, ohne in seiner Form starke oder gar bleibende Veränderungen zu erfahren, so ist er entweder überhaupt als dienstuntauglich anzusehen, oder der Beamte ordnet ein nochmaliges Verdichten seiner Nähte beziehungsweise eine bessere Verankerung der Kesselwände an und nimmt dann später die amtliche Prüfung von Neuem vor.

Auch nach allen größeren Reparaturen eines Kessels muß vor Wiederbenutzung desselben eine amtliche Druckprobe stattfinden.

Man vergleiche übrigens über die Prüfung der Kessel den Inhalt der §§ 11, 12 und 13 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen vom 5. August 1890.

Es sei noch bemerkt, daß in Preußen neuerdings außer der Wasserdruckprobe auch eine Konstruktionsprüfung des Dampfkessels vorzunehmen ist, bei welcher der Aufsichtsbeamte die Stärke der Wandungen, die Festigkeit der Nietverbindungen und Zuverlässigkeit der Verankerungen zu prüfen hat.

## Sechster Abschnitt.

### Die Feuerungsanlagen der Dampfkeffel.

Inhalt: Die drei Haupttheile der Feuerungsanlagen. — A. Der Feuer-  
raum. — Die Form des Feuerraumes (Unterfeuerung, Vorfeuerung  
und Innenfeuerung; Planroste, Treppenroste). Die Größe des Feuer-  
raumes (Rostgröße und Höhe des Feuerraumes). Der Aschenraum.  
Die Erfordernisse des Feuerraumes. — 1. Die Planrostfeuerung. —  
2. Die Treppenrostfeuerung. — 3. Die rauchfreien Feuerungen:  
a) Einrichtungen, bei welchen das frische Brennmaterial über die ganze  
Rostfläche vertheilt wird (Sekundäre Luft, Fairbairn's Doppelrost,  
Leach's Feuerung; der umgekehrte Planrost, der Langan'sche Stufenrost,  
Smith's Helixrost). — b) Einrichtungen, bei welchen das frische Brenn-  
material stets einer bestimmten Stelle des Rostes zugeführt wird:  
Am vorderen Rostende: Mit vorgehender Flamme (der Kettenrost,  
mechanische Roste); mit rückkehrender Flamme (Adam's Feuerung, die  
Tenbrink-Feuerung, der Münchener Stufenrost); mit einhüllender Flamme  
(die Feuerungen von Wilmsmann und Bölcker; der Schults'sche Schnecken-  
rost; die Donneley-Feuerung). Auf die Länge des Rostes: Feuerungen  
von Heiser und Fränkel & Co., Cario und Haage, Duméry. — 4. Die  
Gasfeuerungen. — B. Die Feuerzüge (der Oberzug). — C. Der  
Schornstein und die künstliche Zugerzeugung.

Erfordert das sparsame und möglichst rauchfreie Heizen vom  
Heizer ein ganz beträchtliches Maß von Verständniß, Geschicklichkeit  
und Mühe, so ließ doch bereits Ziffer III im dritten Abschnitt er-  
kennen, daß auch die Einrichtung, mittelst welcher der Heizer die Ver-  
brennung der Brennmaterialien zu vollziehen hat, gewisse Bedin-  
gungen erfüllen muß, wenn es dem Heizer überhaupt möglich sein soll,  
das Brennmaterial in der besten Weise nutzbar zu machen. Hierbei  
wird natürlich vorausgesetzt, daß auch die Kesselanlage an und für  
sich eine der geforderten Dampferzeugung entsprechend große Heiz-  
fläche besitzt, um einen genügend großen Theil der in den gebildeten  
Heizgasen enthaltenen Wärme den letzteren zu entziehen und dem  
Wasserinhalte des Kessels zuzuführen.

Man nennt nun die gesammte Einrichtung, mittelst welcher die Verbrennung des Brennmaterials und die Abgabe der entwickelten Wärme an den Kessel erzielt wird, die Feuerungsanlage des Kessels. Dieselbe besteht aus drei Haupttheilen: Aus dem Feuerraum oder der eigentlichen Feuerungseinrichtung, in welcher das Brennmaterial verbrannt wird und die Heiz- oder Feuergase gebildet werden; aus den Heizkanälen oder Feuerzügen, in welchen die Heizgase mit dem Kessel in Berührung gebracht, zur Abgabe ihrer Wärme an denselben gezwungen und fortbewegt werden, und endlich aus dem Schornstein, welcher die zur Verbrennung erforderliche Luft herbeizuschaffen, die Heizgase in den Zügen fortzubewegen und dieselben, nachdem sie abgekühlt sind, fortzuschaffen hat.

#### A. Der Feuerraum.

Der Feuerraum wird entweder zum größeren Theil von Mauerwerk und nur zum kleineren Theil von Kesselwandungen umschlossen, oder er wird auch nur von Kesselwandungen umgeben.

Neben dem Vorhandensein ausreichenden Zuges hängt nun die Möglichkeit, eine gute Verbrennung zu erzielen, ganz wesentlich von der Form und der Größe des Feuerraumes ab.

Auf die Form des Feuerraumes ist zunächst die Lage desselben zum Kessel von Einfluß; noch größere Unterschiede zieht aber die Gestalt des Kofes nach sich.

Die Lage des Feuerraumes zum Kessel richtet sich hauptsächlich nach dem für diese Einrichtung verfügbaren Raume. Ist man mit dem Platz beschränkt, so muß der Feuerraum unter den Kessel gelegt werden; soll an Höhe gespart werden, so bringt man den Feuerraum vor dem Kessel an. Muß man sich aber nach beiden Richtungen hin einschränken, so verlegt man den Feuerraum gleich in den Kessel. Hiernach unterscheidet man Unterfeuerungen, Vorfeuerungen und Innenfeuerungen.

Doch spielt hierbei auch die Art des zu verwendenden Brennmaterials eine einflußreiche Rolle. Bei einem Brennmaterial, aus welchem Verbrennungsgase mit sehr hoher Temperatur entstehen, wird man, um die Wärmeverluste zu vermindern, der Anordnung den Vorzug geben, welche geringere wärmeausstrahlende Massen besitzt; für Steinkohle eignet sich daher eine Unterfeuerung oder Innenfeuerung besser, als die Vorfeuerung.

Die Gestalt des Kofes wird in der Regel durch die Stückgröße des Brennmaterials bedingt; während das in größeren Stücken

zur Verwendung kommende Brennmaterial meistens auf wagerechten, mit senkrechten Schlitzern versehenen Rosten, sogenannten Planrosten, verbrannt wird, muß für klares Brennmaterial, damit nicht von demselben zu viel durch die Rostspalten in den Aschenraum fällt und verloren geht, ein geneigter, mit wagerechten Spalten versehener Rost, ein sogenannter Treppenrost, in Anwendung kommen.

Unter Umständen läßt sich allerdings auch klares Brennmaterial auf einem Planrost noch gut verbrennen, wenn dasselbe nämlich beim Verbrennen bückt, und die Rostspalten entsprechend enge sind; während andererseits stückförmiges Brennmaterial, welches beim Verbrennen in viele kleine Theile zerfällt, besser auf einem Treppenrost, als auf dem Planrost, verbrannt wird.

Hieraus ergibt sich aber, daß es gar nicht möglich ist, eine Feuerungseinrichtung herzustellen, welche für jede Art Brennmaterial geeignet ist; jedes Brennmaterial verlangt vielmehr einen besonders gestalteten Rost.

In besonderen Fällen werden endlich auch senkrechte Roste benützt.

Die Größe des Feuerraumes ergibt sich aus der Grundfläche desselben, d. h. der Rostfläche, und aus seiner Höhe.

Insbefondere ist die Größe der Rostfläche von großer Wichtigkeit; denn der Erfolg der Verbrennung ist namentlich von einer richtig bemessenen Rostgröße mit abhängig. Die letztere muß so bemessen sein, daß auf einem bestimmten Theile derselben, auf einem Quadratmeter, in einer gewissen Zeit im Mittel auch nur eine bestimmte Gewichtsmenge Brennmaterial zur Verbrennung gelangt. Diese Brennmaterialmenge ist wiederum abhängig einerseits von der Art und Stückgröße des Brennmaterials, andererseits von der Stärke des zur Verfügung stehenden Zuges; sie kann indessen in mäßigen Grenzen vermehrt und vermindert werden, ohne daß sofort ein merklich nachtheiliger Einfluß auf die Verbrennung ausgeübt wird. Immer aber ist es rathsam, in der Nähe bewährter Erfahrungszahlen zu bleiben, damit dem Heizer auch die sichere Möglichkeit geboten wird, eine gute Verbrennung zu erzielen. Wie groß nun diese Brennmaterialmengen sein sollen, darüber wird bei Besprechung der Rosteinrichtungen noch Näheres mitzutheilen sein.

Man nennt die aus der Länge und Breite des Rostes berechnete Rostflächengröße die totale Rostfläche. Die Summe aller der Spaltenöffnungen des Rostes, durch welche die Luft eintritt, nennt man die freie Rostfläche. Die letztere macht man gern so groß, wie möglich, damit die Luft recht ungehindert an das Brennmaterial herantreten kann, und von dem letzteren möglichst viel zur Verbren-

nung gelangt. Da indessen viel freie Krostfläche nur durch sehr weite Krostspalten zu erzielen ist, durch welche letzteren aber viel Brennmaterial fällt und verloren geht, so ist man an gewisse Grenzen gebunden, welche nicht überschritten werden dürfen.

Die Höhe des Feuerraumes, welche im Allgemeinen mit der Größe der Krostfläche auch etwas zunehmen soll, hat sich vor Allem nach der Art der oberen Begrenzung des Feuerraumes und dem Verhalten des Brennmaterials bei seiner Verbrennung zu richten. Hierbei ist der Gesichtspunkt maßgebend, daß die Verbrennung nicht durch die Decke des Feuerraumes gestört werden darf.

Schlägt eine Flamme an einen wesentlich kühleren Körper, so wird ein Theil der in der Verbrennung begriffenen Gase unter die Entzündungstemperatur abgekühlt, und die Verbrennung derselben unterbrochen; die Verbrennung wird unvollständig, und dem Schornsteine entweichen, wenn nicht noch nachträglich eine Verbrennung der unverbrannten, ziemlich schwer entzündlichen Stoffe durch nochmalige Berührung derselben mit der Flamme erfolgt, Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoffe und Kohlenstoff; der Schornstein raucht stark.

Daß die Verbrennung bei der Berührung der Flamme mit einem kalten Körper gestört wird, zeigt sich übrigens recht deutlich, wenn man einen kalten Gegenstand, etwa einen Teller, mit einer Kerzen- oder einer Leuchtgasflamme in Berührung bringt. Mit dem Augenblicke der Berührung wird Ruß auf der Oberfläche des Porzellans niedergeschlagen; die Flamme rußt, und es entweichen auch unverbrannte Kohlenwasserstoffe, die sich durch ihren brenzlichen Geruch bemerkbar machen.

Je kühler der Körper ist, der die Decke des Feuerraumes bildet, und je längere Flammen das Brennmaterial bei seiner Verbrennung bildet, desto größer wird die Entfernung zwischen Brennmaterialschicht oder Krost und Decke des Feuerraumes sein müssen, damit die Verbrennung nicht gestört wird.

Ist die Decke des Feuerraumes eine Kesselwandung, welche durch den Wasserinhalt des Kessels beständig kühl gehalten wird, so muß dem Feuerraume auch eine wesentlich größere Höhe gegeben werden; wird dieselbe von Mauerwerk gebildet, welches sich während des Betriebes beständig in glühendem Zustande befindet und der Verbrennung eher förderlich ist, als störend wirkt, so kann die Höhe eine geringere sein.

Nicht in allen Fällen darf aber die Höhe des Feuerraumes möglichst groß genommen werden. Sind die Seitenwände des Feuerraumes aus Mauerwerk hergestellt, so wird die Verbrennung durch diese zwar wenig gestört; doch nimmt das Mauerwerk einen

beträchtlichen Theil der auf dem Roste entwickelten Wärme auf, von welchem ein ansehnlicher Theil wieder nach außen geleitet, ausgestrahlt wird und auf diese Weise verloren geht. Je höher die Seitenwände sind, um so größer ist dieser Verlust. In diesem Falle würde demnach eine zu große Höhe des Feuerraumes schädlich sein. Sind indessen die Seitenwände des Feuerraumes, wie bei den Lokomotivkesseln, Kesselwandungen, so wird auch alle Wärme von den letzteren aufgenommen und nutzbar gemacht, und übt eine größere Höhe des Feuerraumes an und für sich eine schädliche Wirkung nicht aus.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich nunmehr auch, daß die drei verschiedenen Anordnungen des Feuerraumes, welche man als Unterfeuerung, Vorfeuerung und Innenfeuerung bezeichnet, die Verbrennung in wesentlich verschiedener Weise beeinflussen.

Bei der Vorfeuerung werden die Umfassungswände und die Decke des Feuerraumes immer von Mauerwerk gebildet, welches sich während des Betriebes in glühendem Zustande befindet. Es ist ohne Weiteres klar, daß bei dieser Einrichtung die Temperatur im Feuerraum stets sehr hoch, und die Verbrennung eine gute ist. Ein Theil der entwickelten Wärme geht aber auch durch Ausstrahlung nach außen verloren.

Im Feuerraume der Innenfeuerung, deren Umfassungswände und Decke Kesselwandungen sind, wird dagegen, da die Kesselwandungen die strahlende Wärme des Feuers rasch aufnehmen und dem Wasserinhalte des Kessels mittheilen, eine wesentlich niedrigere Temperatur herrschen, und die Verbrennung, welche überdies durch das Anschlagen der Flamme an die vom Wasser gekühlten Kesselwandungen leicht Störungen erleidet, eine weniger gute sein. Dem steht aber der Vortheil gegenüber, daß von der strahlenden Wärme des Feuers so gut wie nichts verloren geht, dieselbe vielmehr ungeschmälert zur Verdampfung nutzbar gemacht wird.

Bei der Unterfeuerung, deren Feuerraum von gemauerten Seitenwänden umschlossen und deren Decke durch den Kessel gebildet wird, sind die Vortheile der Vor- und Innenfeuerung in schwächerer, die Nachtheile in gemildeter Form wieder zu finden.

Den unterhalb des Feuerraumes gelegenen Raum, in welchem sich die durch den Rost fallende Asche ansammelt, nennt man den Aschenraum oder Aschenfall. Die Größe und insbesondere die Höhe desselben ist an und für sich bedeutungslos; im Allgemeinen soll der Aschenraum so groß und hoch, wie möglich, sein, damit in ihm eine möglichst große Menge Asche Platz findet, ohne daß die Oberfläche der Asche zu nahe an den Rost heranrückt und der Luft den Zutritt zu den Rostspalten erschwert oder etwa gar absperrt.

Der untere Theil des Aschenraumes bildet häufig einen Wasserbehälter; die durch den Kofst fallende Kohle wird durch das Wasser rasch gelöscht und kann später noch nutzbar gemacht werden, während der entstehende Wasserdampf die Kofststäbe kühlt und vor dem Verbrennen schützt.

Es werden nun an den Feuerraum, beziehentlich die eigentliche Feuerungseinrichtung folgende Anforderungen gestellt:

1. Jeder Feuerraum, welcher Art er auch sei, soll sich dem verfügbaren Raum gut anpassen.
2. Der Feuerraum muß eine für das verfügbare Brennmaterial geeignete Form und für die zu verbrennende Menge desselben angemessene Größe besitzen.

Zu diesem Zweck ist es erforderlich, daß

- a) der Kofst zweckmäßig gestaltet;
  - b) die Fläche des Kofstes entsprechend groß gewählt und
  - c) die Höhe des Feuerraumes richtig bemessen ist.
3. Die Bedienung des Kofstes muß leicht sein; je weniger Geschicklichkeit und Mühe hierzu erforderlich ist, um so besser ist die Einrichtung.

Insbefondere erscheint es wünschenswerth, daß

- a) dem Heizer jeder Punkt des Kofstes sichtbar und leicht zugänglich ist, damit er demselben frisches Brennmaterial zuführen, das dort befindliche Brennmaterial auflockern und die sich ablagernde Asche oder Schlacke ohne große Mühe entfernen kann;
  - b) die Einrichtung es ihm möglich macht, auch bei schwankendem Dampfverbrauche die Verbrennung ohne nachtheiligen Einfluß dem ersteren entsprechend leicht zu verstärken oder zu vermindern, immer aber bei thunlichster Vermeidung der Bildung von Rauch und Ruß.
4. Dem Heizer soll nicht die Uebersicht über die am meisten gefährdeten Stellen des Kessels, die der Flamme ausgesetzten Feuerplatten, entzogen werden, damit ein daselbst eingetretener Schaden sofort von ihm bemerkt werden kann.
  5. Die Feuerungseinrichtung soll möglichst dauerhaft sein.

Die Zahl der Wünsche ist also ziemlich groß; allen denselben zugleich gerecht zu werden, ist nicht möglich; es wird sich gleich zeigen, inwieweit die gebräuchlichen Einrichtungen den an sie gestellten Ansprüchen genügen, und was sie schuldig bleiben.



## 1. Die Planrostfeuerung.

Die Planrostfeuerung besitzt zumeist einen wagerechten, zuweilen auch schwach geneigten Rost; sie eignet sich nur zur Verbrennung stückförmiger Brennmaterialien, wie der Stein- und Braunkohlen, des Kokes und Holzes und höchstens klarer, backender Steinkohle. Eine derartige Einrichtung ist in den Figuren 14 und 15 dargestellt; dieselbe kennzeichnet sich als eine Unterfeuerung.

Der Rost wird gebildet durch eine größere Anzahl gußeiserner oder schmiedeeiserner Roststäbe *a*, welche auf die hohe Kante gestellt sind und senkrechte Spalten zwischen sich lassen; die Enden der Roststäbe ruhen auf eisernen, im Mauerwerk des Feuerraumes gelagerten oder sonstwie befestigten Querbalken, den sogenannten Rostträgern *b*, auf.

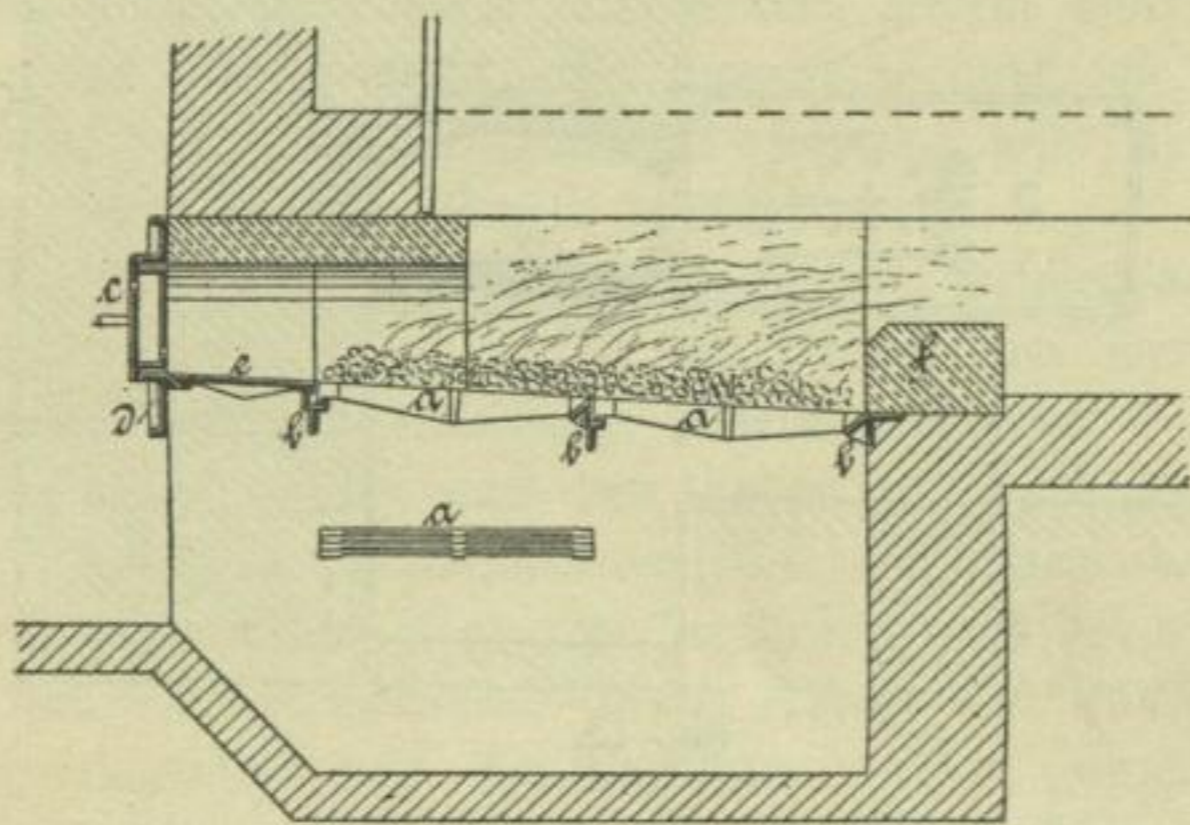


Fig. 14.

Um den Rost bedienen zu können, ist die vordere Stirnwand des Feuerraumes mit einer oder auch zwei, etwa 35 cm breiten und 30 cm hohen Oeffnungen versehen, welche durch je eine drehbare Feuerthüre *c* geschlossen werden können; die Thüren drehen sich in einer, an der sogenannten Brustplatte *d* angebrachten Angel, welche letztere gewöhnlich, damit die Thüre von selbst gut schließt, eine schwache Neigung nach hinten erhält. Die Brustplatte ist mit dem Mauerwerk des Feuerraumes durch Mauerschrauben fest verbunden. Doppelte Thüren, welche die Bedienung des Rostes erleichtern, wendet man erst bei über 1,2 m breiten Rosten an.

Zwischen der Feuerthüre und den Roststäben liegt eine etwa 25 cm breite, gußeiserne Platte, die Schürplatte *e*, welche den Werkzeugen des Heizers, dem Schüreisen, der Schaufel u. s. w., als Auflage dient.

Der Feuerthüre gegenüber befindet sich die sogenannte Feuerbrücke *f*, eine Art aufrechtstehender Wall, welcher sowohl das Hinüberfallen von Brennmaterial in den, an den Feuerraum sich anschließenden ersten Feuerzug verhindern, als auch durch die Einschnürung der in diesen Zug eintretenden Flamme ein Durcheinanderwirbeln der letzteren bewirken soll, wodurch man die nachträgliche Verbrennung aller etwa noch nicht verbrannten Gase erzielen will.

Die erste Rundnaht des Kessels legt man, wenn dies angängig ist, in schützendes Mauerwerk. Die Seitenwände des Feuerraumes werden meistens, wie bei der dargestellten Einrichtung, aus Mauerwerk hergestellt; sie werden auch oft von Kesselwandungen gebildet.

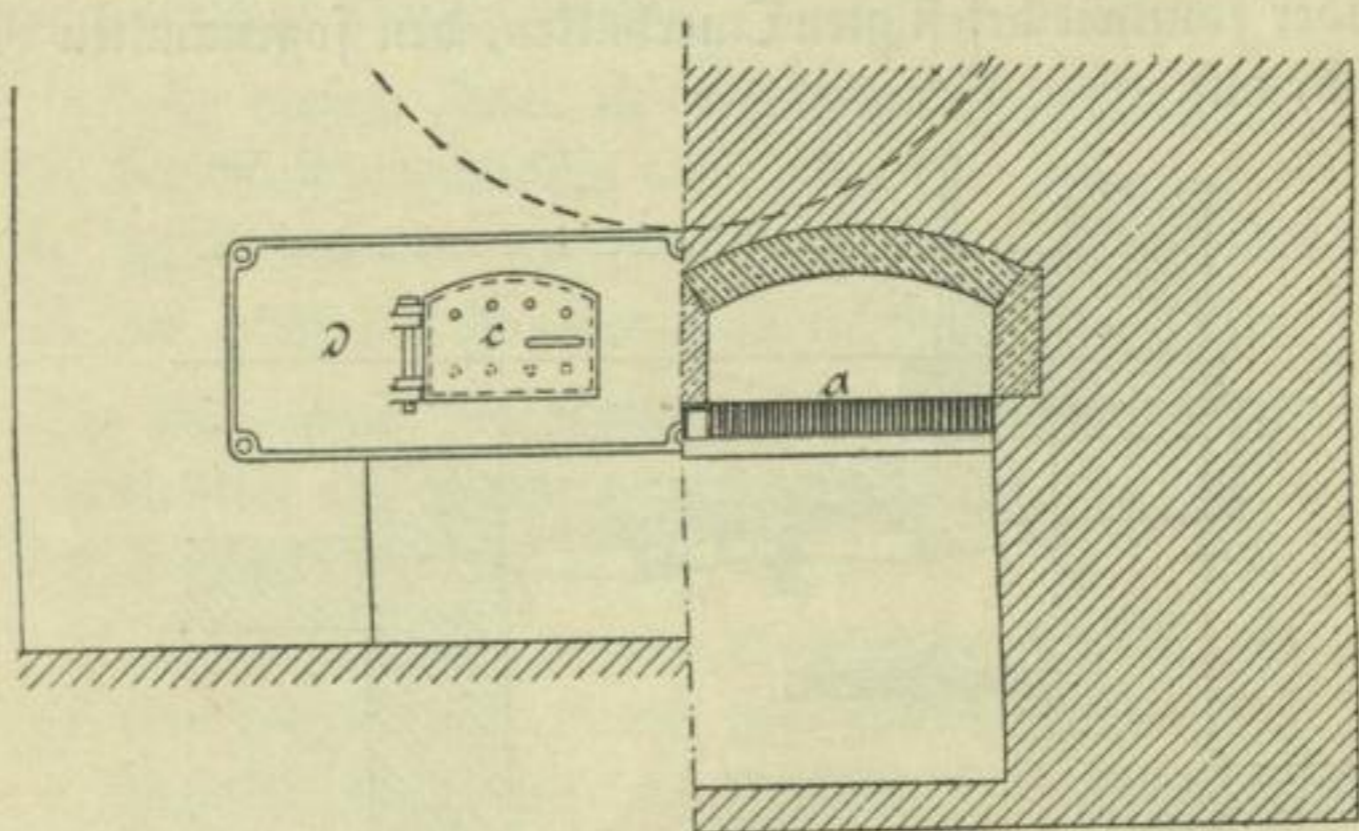


Fig. 15.

Unterhalb des Rostes liegt der Aschenraum, dessen vordere Oeffnung zuweilen durch eine Thüre oder Klappe verschließbar gemacht wird, welche letztere manchmal das alleinige Mittel zur Regulirung des Zuges bildet.

Den auf Seite 80 ersichtlichen Anforderungen gegenüber zeigt nun die Planrostfeuerung folgendes Verhalten:

Sie läßt sich allen Raumverhältnissen gut anpassen; bei geeigneter Kesselform kann man sie selbst in den Kessel legen. Man trifft daher die Planrostfeuerung sowohl als Vor-, wie als Unter- oder auch Innenfeuerung an. Ihre Anwendbarkeit ist indessen von der Art des Brennmaterials ziemlich abhängig; sie eignet sich in der Hauptsache nur für stückförmiges, welches bei der Verbrennung nicht zu stark zerfällt.

Da die senkrechte Lage der Rostspalten leicht zu erheblichen Verlusten an Brennmaterial führt, so ist bei dieser Feuerungseinrichtung die Gestalt des Rostes und namentlich die Weite der

Rostspalten von besonderer Wichtigkeit. Die Spaltenweite hat sich außer nach der Stückgröße des zur Verwendung kommenden Brennmaterials auch nach dem Verhalten desselben bei seiner Verbrennung zu richten. Je kleinstückiger das Brennmaterial und je magerer die Steinkohlensorte ist, um so feinere Spalten muß der Rost besitzen; man wendet für solche Brennmaterialien Spaltenweiten von 3 bis herauf zu 8 mm an. Je gröber dagegen das Brennmaterial ist, und je mehr dasselbe bäckt und flüssige Schlacke absondert, um so weiter können und müssen die Spalten sein, damit sich dieselben im Betriebe nicht zu oft verschmieren und verstopfen; die Roststäbe, zwischen welchen keine Luftströmung mehr stattfindet, würden dann ins Glühen kommen und rasch verbrennen. Die Spalten erhalten in diesem Falle 12 bis 15 mm Weite. Damit endlich die Asche nicht hängen bleibt, sondern gut durchfällt, erweitert man die Spalten nach unten, indem man die Roststäbe unten etwas dünner macht, etwa nur  $\frac{2}{3}$  so stark, wie oben.

Die Form der einzelnen Roststäbe wird aber eine zweckmäßige, wenn folgende Regeln beachtet werden:

Die Stäbe erhalten oben eine Stärke, welche das doppelte der Spaltenweite, eine Höhe, welche das 10fache der Stabstärke, sowie eine Länge, welche das 50fache derselben beträgt. Man läßt oft die Höhe der Roststäbe nach den Enden zu abnehmen; da indessen die Roststäbe durch die zwischen denselben sich bewegenden Luftstrahlen gekühlt werden sollen, dies aber begünstigt wird durch eine gehörige Höhe und eine entsprechend breite Fläche der Roststäbe, so zieht man es neuerdings vor, die Roststäbe in ihrer ganzen Länge gleich hoch zu machen. Die Enden der Roststäbe, Köpfe genannt, und oftmals auch die Mitte des Stabes, erhalten Ansätze, deren Höhe gleich der Spaltenweite ist; es wird hierdurch die Weite der Rostspalten gesichert und dauernd bewahrt.

Sehr dünne Roststäbe fertigt man der größeren Haltbarkeit wegen besser aus Schmiedeeisen an; sie werden aus gewalzten, oben etwas stärkeren Flacheisenschienen hergestellt, deren man gewöhnlich drei unter Zwischenlegung von dünnen, die Spaltenweite herstellenden Unterlegscheiben zusammennietet und zu einem Stabe vereinigt.

Es finden nun neben der in den Figuren 14 und 15 dargestellten einfachsten Form des Roststabes die verschiedenartigsten Rostformen Anwendung; dieselben verfolgen meistens den Zweck, durch möglichst viele Oeffnungen den Luftzutritt zu vermehren und durch die, eine recht große Oberfläche darbietende Gestalt innerhalb der Roststäbe angeordneter Kanäle die Wärmeabgabe an die einströmende Luft, sowie das Kühlbleiben des Roststabes zu begünstigen

und dessen Haltbarkeit zu erhöhen. Es mag sein, daß mit einem solchen Roste eine etwas reichlichere Verbrennung erzielt wird; man findet deshalb häufig derartige, außer mit Längsspalten auch mit Querspalt versehenen Roststäbe bei Kesselarten, wie den Lokomotivkesseln vor, bei welchen auf einem verhältnißmäßig kleinen Roste sehr beträchtliche Brennmateriamengen zur Verbrennung zu bringen sind. Da indessen die Vortheile solcher Roststäbe doch nicht so wesentliche sind, und mit den gewöhnlichen, billigeren Roststäben bei gleicher Haltbarkeit eine ebenso gute Verbrennung erzielt werden kann, so soll auch auf diese Besonderheiten nicht weiter eingegangen werden.

Die Fläche des Rostes entspricht erfahrungsgemäß der Menge des zu verbrennenden Brennmateriales, wenn auf einem Quadratmeter der Rostfläche in der Stunde durchschnittlich verbrannt werden:

- bei natürlichem Schornsteinzug 80 kg Steinkohle, oder 120 kg böhmische Braunkohle, oder 60 kg Koks;
- bei künstlichem scharfen Zug (Lokomotivkessel) dagegen das 3 bis 5fache hiervon.

Die freie Rostfläche ergibt sich nach den mitgetheilten Regeln für die Roststäbe immer zu  $\frac{1}{3}$  der totalen.

Die Höhe des Feuerraumes, beziehentlich der Abstand des Kessels vom Rost, welcher sich nach der Art des Brennmateriales und dem Verhalten desselben bei seiner Verbrennung zu richten hat, ist eine zweckmäßige, wenn dieselbe beträgt:

- bei Steinkohle, je nachdem dieselbe bei dem Verbrennen kürzere oder längere Flammen bildet, 40 bis 60 cm,
- bei böhmischer Braunkohle 35 bis 45 cm,
- bei Koks 50 cm.

Bezüglich der guten Uebersichtlichkeit und Zugänglichkeit aller Theile des Rostes läßt die Planrostfeuerung, sobald nur die Länge des Rostes 2 m nicht überschreitet, nichts zu wünschen übrig; ja in dieser Beziehung kommt ihr wohl keine andere Einrichtung gleich. Dagegen erfordert die Herstellung und Unterhaltung einer gleichhohen Brennmaterialschicht ziemliche Geschicklichkeit. Auch bereitet das Schüren und Abschlaeken, obgleich die senkrechten Rostspalten das Entfernen der Asche erleichtern und begünstigen, erhebliche Mühe und Arbeit. Hierzu tritt ein weiterer Nachtheil: Alle diese Arbeiten müssen bei geöffneter Feuerthüre ausgeführt werden; während dieser Zeit strömt eine große Menge kalte Luft in den Feuerraum, welche denselben sowie auch den Kessel abkühlt und in erwärmtem Zustande

den Schornstein verläßt, wodurch aber ein beträchtlicher Wärmeverlust herbeigeführt wird. Die abwechselnde Abkühlung und Wiedererhitzung ist auch dem Kessel keineswegs dienlich und führt leicht einmal zu Beschädigungen desselben.

Eine rasche Verstärkung der Verbrennung, wie solche bei plötzlich eintretendem starken Dampfverbrauch erforderlich wird, hat der Heizer dagegen wieder gut in der Hand, da eine Erhöhung der Brennmaterialschicht und eine Zugverstärkung leicht und schnell zu bewerkstelligen ist. Es soll aber hierbei auch womöglich kein Rauch entstehen; welche Mittel anzuwenden sind, dieses Ziel zu erreichen oder demselben doch nahe zu kommen, ist bereits Seite 42 u. f. angedeutet worden. Dem ist hier nun Folgendes hinzuzufügen:

Wird die Zuführung des frischen Brennmaterials, welche bei der Planrostfeuerung fast ausnahmslos in Pausen erfolgt, in der Weise vorgenommen, daß man dasselbe gleichmäßig über den ganzen Rost vertheilt, so wird zwar eine rasche Entzündung des Brennmaterials erzielt; dagegen ist es, wie bereits Seite 42 erläutert wurde, ein Ding der Unmöglichkeit, sämtliche aus dem zugeführten Brennmaterial sich entwickelnden Gase vollkommen zu verbrennen; der Schornstein raucht eine Zeit lang.

Dieser Uebelstand kann nun sehr gemildert, wenn nicht ganz gehoben werden, wenn die Zuführung des frischen Brennmaterials in der Weise vorgenommen wird, daß man dasselbe immer nur einer bestimmten Stelle des Rostes zuführt. Als letztere wählt man den Theil des Rostes, welcher am bequemsten zu erreichen ist, also den, welcher der Feuerthüre zunächst liegt.

Hierbei kann wieder auf zweierlei Weise verfahren werden: Entweder macht der Heizer vor dem Aufwerfen des frischen Brennmaterials den vorderen Theil des Rostes frei, indem er das hellbrennende Brennmaterial mit der Krücke nach der Feuerbrücke zu schiebt und das frische Brennmaterial auf das freigemachte, vordere Drittel oder Viertel des Rostes aufbringt (vergleiche Figur 16 a); oder er legt das frische Brennmaterial auf die Schürplatte, wartet, bis es sich entzündet hat, und schiebt es dann nach hinten (vergleiche Figur 16 b).

Damit den sich entwickelnden Gasen die zu ihrer Verbrennung erforderliche Luft zugeführt wird, wendet man ferner folgende Kunstgriffe an: Bei dem ersteren Verfahren (Figur 16 a) läßt man den vorderen Theil des Rostes in 4 bis 5 cm Breite ganz frei, so daß durch die Rostspalten genügend überschüssige Luft einströmt, welche sich mit den Gasen mischt und zu deren vollständiger Verbrennung

beiträgt. Bei dem zweiten Verfahren (Figur 16 b) ist es dagegen vortheilhaft, wenn die Feuerthüre mit Schlitz versehen wird, durch welche die zur Verbrennung der Gase erforderliche Luft eintritt. Ist das frische Brennmaterial entgast und in Gluth gekommen, so hat auch die besondere Luftzuführung wieder aufzuhören, und können dann die Schlitz der Feuerthüre, welche gewöhnlich mit einem Schieber versehen sind, geschlossen werden. Die Entzündung und Verbrennung der Gase vollzieht sich in beiden Fällen infolge der Berührung mit den Flammen der hellbrennenden Brennmaterialschicht, über welche sie hinziehen.

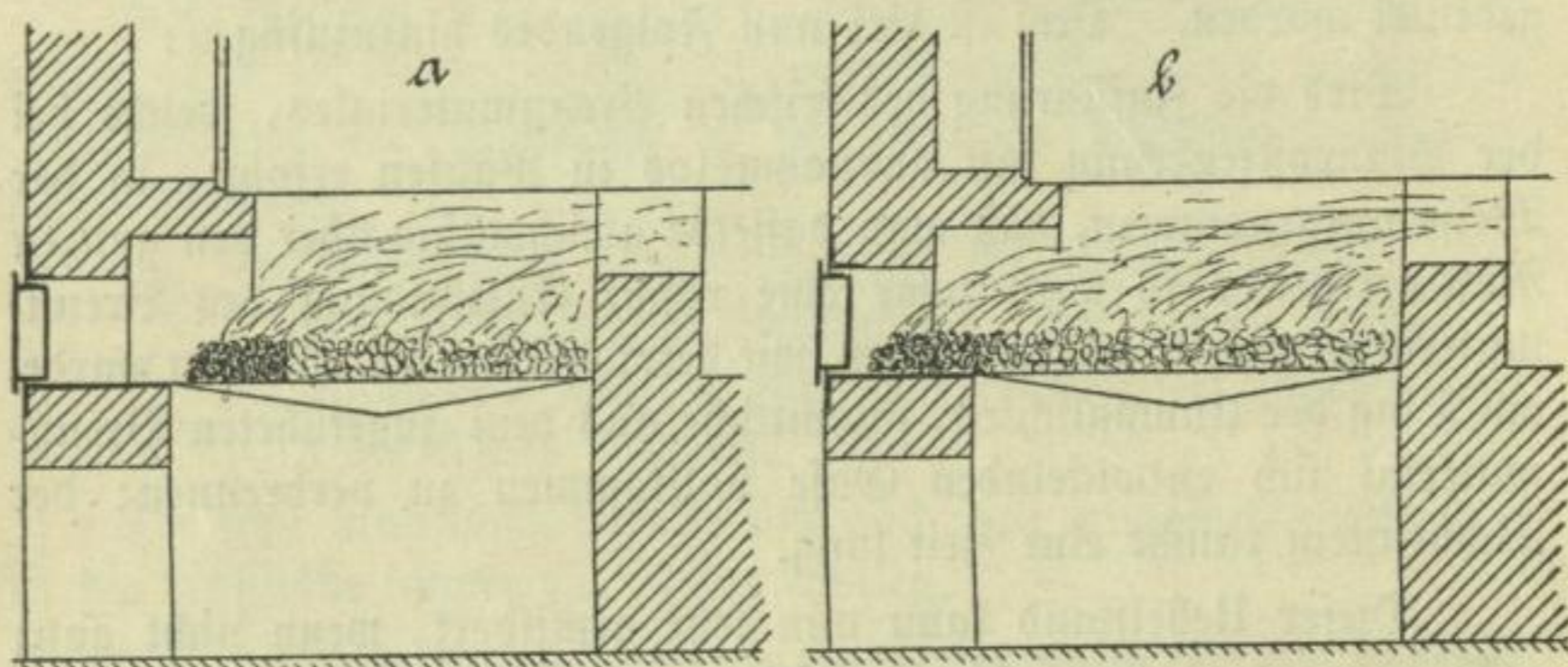


Fig. 16 a und b.

Ist demnach eine vollständige Verbrennung der aus dem frischen Brennmaterial sich entwickelnden Gase und die Vermeidung von Ruß und Rauch viel leichter und sicherer zu erreichen, wenn dieses Brennmaterial immer nur einer Stelle, und zwar dem vorderen Theile des Kofes zugeführt wird, so macht sich doch auch ein Nachtheil geltend. Das frisch zugeführte Brennmaterial wird nur unter der Einwirkung der ihm von dem daneben liegenden, hellbrennenden Brennmaterial und dem glühenden Mauerwerk des Feuerraumes zugestrahlten Wärme entgast und entzündet; die Entgasung vollzieht sich aber weit langsamer, als wenn es über den ganzen Kof vertheilt worden wäre. Es ist dem Heizer daher auch bei plötzlichem starken Dampfverbrauch nicht möglich, die Verbrennung und Dampferzeugung genügend zu beschleunigen; der Dampfdruck wird erheblich sinken.

Beide Ziele, eine rasche Vermehrung der Verbrennung und die Vermeidung des Rauchens, sind also bei der Planrostfeuerung nicht gleichzeitig zu erreichen. Legt man auf die rasche Erzielung größerer Dampfmen gen das Hauptgewicht, so ist es nothwendig, das frische Brennmaterial über den ganzen Kof zu vertheilen, und dann wird

es auch ohne Rauch nicht abgehen; findet dagegen der Dampfverbrauch ziemlich gleichmäßig statt, und soll das Rauchen möglichst vermieden werden, so muß dem Roste das frische Brennmaterial in einer der beiden zuletzt geschilderten Weisen zugeführt werden.

Nun ist allerdings auch die Art des Brennmaterials und das Verhalten desselben bei der Verbrennung von wesentlichem Einfluß auf den Erfolg dieser Bestrebungen. Koks kann an und für sich rauchlos verbrannt werden; auch trockenes Holz entwickelt wenig Rauch. Die Kohle zeigt folgendes Verhalten:

Bei Braunkohle und magerer Steinkohle, die bald in Gluth kommen und während des Verbrennens lockere Massen bilden, macht es nur wenig Mühe, eine gute und nahezu rauchlose Verbrennung zu erzielen. Hat man dagegen eine stark schmelzende und backende Steinkohle zur Verbrennung zu bringen, so vollzieht sich die Entgasung sehr langsam, weil die Kohlenstücke zu größeren Klumpen zusammenbacken, deren innere Theile sich der Einwirkung der Wärme entziehen und an der Gasentwicklung nicht theilnehmen. Bei jedem Schüren und Zertheilen der Kohle kommen dann frische, unentgaste Brennmaterialtheilchen wieder zum Vorschein, und beginnt die Gasentwicklung von Neuem; die regelrechte Behandlung des Brennmaterials zum Zwecke der Rauchvermeidung wird natürlich hierdurch außerordentlich erschwert, ja unter Umständen die Erreichung dieses Zieles völlig vereitelt.

Es wird sich später zeigen, daß sich übrigens auch die besten, sogenannten rauchfreien Feuerungseinrichtungen stark backender Steinkohle gegenüber machtlos erweisen. Man ist dann gezwungen, zu dem Aushilfsmittel zu greifen, der backenden Kohle eine magere Kohle oder Braunkohle beizumischen, welche letztere das Feuer bis zu einem gewissen Grade locker hält und das allzustarke Zusammenbacken der Kohle verhindert. Nur auf diese Weise ist es möglich, backende Steinkohlensorten ohne starke Rauchentwicklung zu verbrennen.

Bezüglich des Sichtbarbleibens der gefährdetsten Kesseltheile, der Feuerplatten, ist zu bemerken, daß die Planrostfeuerung diese Anforderung voll erfüllt; denn der Heizer kann bei geöffneter Feuerthüre jeden beliebigen Punkt der Feuerplatten bequem in Augenschein nehmen.

Auch bezüglich der Haltbarkeit und Dauerhaftigkeit läßt die Planrostfeuerung wenig zu wünschen übrig. Doch ist Folgendes zu berücksichtigen: Es müssen natürlich zweckmäßige, dem Brennmaterial entsprechende Roststäbe verwendet werden; denselben muß ferner die Möglichkeit geboten sein, sich frei und ungehindert auszustrecken.

was man dadurch erreicht, daß man das eine Ende der Stäbe nicht rechteckig gestaltet, sondern abschrägt (vergleiche Figur 14); sind beide Enden rechteckig, so setzt sich Asche und Schlacke zwischen die Köpfe der Roststäbe und werfen sich die am freien Ausdehnen verhinderten Roststäbe bald krumm; es entstehen dann weite Spalten, durch welche das Brennmaterial fällt, und die unbrauchbar gewordenen Stäbe müssen schließlich entfernt werden. Etwas größere Haltbarkeit der Roststäbe hat man neuerdings auch dadurch zu erreichen gesucht, daß man die obere, mit dem Brennmaterial in unmittelbare Berührung kommende Fläche der Roststäbe in Hartguß umwandelt.

Weiter müssen die Brustplatte und Schürplatte kräftig hergestellt werden; dünne Platten springen leicht. Die Feuerthüre erhält entweder einen Schuttschirm, der die vom Feuer ausgestrahlte Wärme auffängt, oder sie wird doppelwandig hergestellt und mit einigen kleinen Oeffnungen versehen, so daß sich durch den Hohlraum der Thüre beständig ein Luftstrom hindurchbewegt, welcher die Thüre kühlt.

Es ist selbstverständlich, daß das Mauerwerk des Feuerraumes, die Feuerbrücke u. s. w. aus den besten feuerfesten Steinen angefertigt werden müssen.

Haben alle diese Gesichtspunkte Beachtung gefunden, so wird man auch eine recht haltbare und gute Feuerung besitzen.

Ein Rückblick läßt folgende Vor- und Nachtheile der Planrostfeuerungen erkennen. Sie lassen sich dem verfügbaren Raum gut anpassen, gewähren eine gute Uebersichtlichkeit und Zugänglichkeit, gestatten mit Leichtigkeit eine rasche Verstärkung der Verbrennung, entziehen die Feuerplatten nicht dem Blicke des Heizers und sind, wenn richtig angelegt, sehr haltbar; sie haben aber auch die nachtheiligen Eigenschaften, daß sie sich nur für stückförmige Brennmaterialien eignen, daß ihre regelrechte Bedienung vom Heizer viel Geschicklichkeit und Mühe erfordert, daß das Einströmen von kalter Luft während der Bedienung nicht vermieden werden kann, wodurch nicht nur Wärmeverluste entstehen, sondern auch der Kessel leidet, und daß endlich die Vermeidung von Rauch und Ruß nur bei gleichmäßigem Betrieb und nicht ganz ungeeignetem Brennmaterial möglich ist.

## 2. Die Treppenrostfeuerung.

Die Treppenrostfeuerung ist für klares oder leicht zerfallendes Brennmaterial, insbesondere klare, magere Steinkohle und erdige Braunkohle, Sägespähne und Lohe bestimmt; um das Durchfallen



des Brennmaterials zu verhüten, sind die Rostspalten wagerecht angeordnet, wodurch sich aber für den Rost eine schräge Lage ergibt. Figur 17 stellt eine Treppenrostfeuerung der üblichsten Form dar.

Die Roststäbe *a* haben hier die Form flacher, wagerechter Stäbe, welche mit ihren Enden in der, in der rechten unteren Ecke der Figur in etwas größerem Maßstabe dargestellten Weise auf den gußeisernen Treppenwangen *b* ruhen; der oberste Roststab erhält eine größere Breite und dient als Schürplatte. Die Treppenwangen selbst aber lagern auf den eingemauerten, quergelegten Rostträgern *e* und *g*.

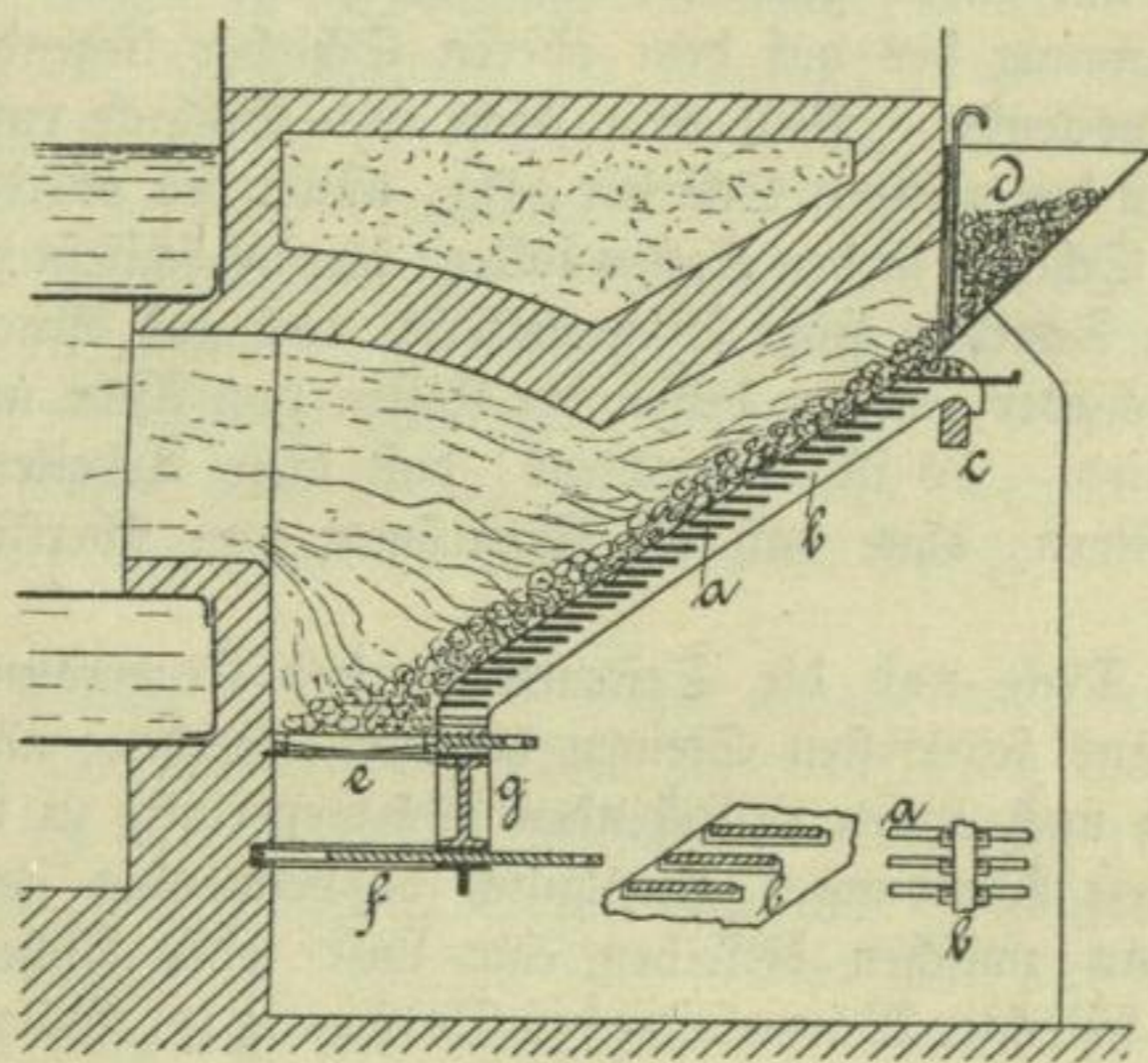


Fig. 17.

Am oberen Ende des Rostes ist ein eiserner, trichterförmiger Kasten *d* angebracht, in welchen das Brennmaterial geschüttet, und aus welchem dasselbe je nach Bedarf unter Zuhilfenahme eines Schiebers herausgelassen und dem Roste zugeführt wird.

Das untere Ende des Rostes ist durch einen schmalen Planrost geschlossen, auf welchem sowohl das Brennmaterial noch vollständig ausbrennt, als auch die Asche und Schlacke sich ansammelt, welche dann entweder durch seitliche, im Mauerwerk des Feuerraumes angebrachte Reinigungsthüren entfernt, oder auch nach unten fallen gelassen wird; zu dem letzteren Zwecke ist entweder der Rost in Falzen wagerecht verschiebbar eingerichtet, so daß er vom Heizer nach vorn gezogen werden kann, oder er besitzt die Form einer Klappe, die sich um eine an der Rückwand der Feuerung liegende, wagerechte Angel dreht.

Um das Einströmen kalter Luft während des Entfernens der Asche und Schlacke zu verhindern, ist die Vorrichtung recht geeignet, welche an der in Figur 17 dargestellten Feuerungsanlage angebracht ist. Auch hier befindet sich am unteren Ende des Rostes ein schmaler Planrost *e*, der wagerecht verschoben werden kann; unter demselben ist aber noch ein zweiter Schieber *f* vorhanden, der eine massive, eiserne Platte bildet. Der Zwischenraum zwischen diesen beiden Schiebern ist durch den eisernen Balken *g* geschlossen, so daß ein kastenförmiger Hohlraum entsteht.

Während des Betriebes ist der obere Schieber geschlossen und der untere nur etwas geöffnet, damit noch etwas Luft eintritt und die Verbrennung des auf dem oberen Schieber liegenden Brennmaterials vollendet. Will man Asche und Schlacke entfernen, so schließt man den unteren Schieber ganz, öffnet den oberen und läßt Asche und Schlacke in den Kasten fallen; hierauf schließt man wieder den oberen Schieber, stößt Brennmaterial nach und öffnet dann den unteren Schieber, infolge dessen der Kasten von Asche und Schlacke entleert wird. Es ist einleuchtend, daß diese Arbeiten vollzogen werden können, ohne daß ein Einströmen von überflüssiger Luft stattfindet.

Die Decke und die Seitenwände des Feuerraumes müssen natürlich aus feuerfesten Steinen hergestellt werden; um die durch Strahlung nach außen entstehenden Wärmeverluste zu vermindern, werden diese Wandungen gewöhnlich doppelwandig gemacht, und schließt man zwischen dieselben eine Luft- oder Ascheschicht ein, welche als schlechter Wärmeleiter den Durchgang der Wärme möglichst verhindert.

Bei der Treppenrostfeuerung machen sich nun folgende Eigenschaften und Erfordernisse geltend:

Infolge der schrägen Lage des Rostes nimmt diese Feuerungseinrichtung eine beträchtlichere Höhe ein, als die Planrostfeuerung; sie läßt sich daher unter Umständen kaum unter, viel weniger aber in einen Kessel legen, wie dies die Planrostfeuerung so bequem zuläßt. Man trifft demnach auch die Treppenrostfeuerung vorwiegend als Vorfeuerung, weniger oft als Unterfeuerung, aber kaum einmal als Innenfeuerung an. Der sich hieraus ergebende große Raumbedarf ist aber keineswegs eine vortheilhafte Eigenschaft der Treppenrostfeuerung.

Die eigenartige Gestalt des Rostes bietet indessen den Vortheil, daß im Nothfalle auch stückförmiges Brennmaterial auf demselben gut verbrannt werden kann, falls dasselbe nur nicht stark schmilzt und bückt.

Eine zweckmäßige Form des Rostes wird erhalten, wenn folgende Regeln beachtet werden:

Damit nur kurze, nicht so rasch krumm werdende Roststäbe sich ergeben, wählt man die Entfernung der Treppenwangen von einander zu 0,4 bis 0,6 m.

Die Stärke der Roststäbe beträgt gewöhnlich 8 bis 12 mm; der lichte Abstand der einzelnen Roststäbe 20 mm. Damit das Brennmaterial, welches zwischen die Rostspalten hineinfällt, nicht aus diesen herausfällt, müssen die Stäbe eine ziemliche Breite erhalten; dieselbe wird meistens auf 100 bis 120 mm bemessen.

Sehr wichtig ist die Neigung des Rostes, welche so gewählt sein muß, daß das Brennmaterial sich möglichst selbstthätig und ohne große Nachhilfe seitens des Heizers gleichmäßig über den Rost vertheilt; dieses Ziel wird erreicht, wenn der Neigungswinkel des Rostes gegen die Wagerechte etwa  $34^\circ$  ausmacht. Ist der Rost steiler, so rutscht alles Brennmaterial, welches oben aus dem Schüttkasten herausgelassen wird, sofort nach unten, und würde der obere und mittlere Theil des Rostes ganz unbedeckt bleiben; liegt dagegen der Rost zu flach, so wird dem Heizer die Vertheilung des Brennmaterials zu sehr erschwert.

Die Fläche des Rostes ist eine angemessene, wenn stündlich auf einem Quadratmeter derselben bei natürlichem Schornsteinzug etwa 100 kg klare, magere Steinkohle, beziehentlich 160 kg klare Braunkohle oder ebensoviel Sägespähne und Holzabfall verbrannt werden. Künstlichen, scharfen Zug wendet man bei Treppenrostfeuerungen nicht an, weil dieser von dem leichten, klaren Brennmaterial zu viel unverbrannt mit sich fortreißen würde.

Die freie Rostfläche beträgt, wenn die Roststäbe die oben angegebenen Stärken und Spaltenweiten erhalten,  $\frac{2}{3}$  der totalen.

Die Höhe des Feuerraumes, dessen Decke aus feuerfestem, während des Betriebes glühendem Mauerwerk besteht, kann und muß hier wesentlich geringer sein, als bei dem Planrost, damit das frisch zugeführte Brennmaterial recht rasch durch die strahlende Wärme der Feuerraumdecke entgast und entzündet wird; die Verbrennung wird ja auch hier durch die größere Nähe der Decke nicht gestört, da die Decke eben ein glühender Körper ist. Die Höhe des Feuerraumes soll im oberen Theile etwa 25 bis 30 cm betragen; im unteren Theile des Rostes ist aber eine größere Höhe erforderlich, damit sich die Flammen frei entfalten und durcheinander wirbeln können.

Auch bei dem Treppenrost kann jeder Punkt desselben gut übersehen und demselben leicht Brennmaterial zugeführt werden, indem man mit einem flachen Schüreisen zwischen die Roststäbe stößt und

das Brennmaterial zum Nachrutschen veranlaßt; ja, die Herstellung einer gleich hohen Brennmaterialschicht macht selbst dem wenig geübten Heizer nur geringe Mühe, sobald nur der Rost eine richtig gewählte Neigung besitzt. Die sich auf den Roststäben ablagernde Asche fällt zwar nicht, wie bei dem Planrost, von selbst durch die Rostspalten; doch ist ihre Entfernung auch nicht schwer mit dem Schüreisen zu bewerkstelligen. Ebenso bereitet das Entfernen der Schlacken dem Heizer nur wenig Mühe.

Der Treppenrost ist also weit leichter zu bedienen, als der Planrost; hierbei bietet er dem Planrost gegenüber noch den Vortheil, daß sowohl die Zuführung des frischen Brennmaterials, als auch das Schüren und Abschlagen vorgenommen werden können, ohne daß während dieser Arbeiten überflüssige, kalte Luft in die Feuerung strömt.

Bezüglich der Möglichkeit, das Feuer rasch verstärken zu können, stellt sich der Treppenrost mit dem Planrost auf nahezu gleiche Stufe; die Rauchentwicklung ist aber hier leichter zu vermeiden, weil die aus dem frischen Brennmaterial sich entwickelnden Gase gezwungen sind, an dem glühenden Gewölbe der Decke entlang zu ziehen und auf die Flammen der lebhaft brennenden, den unteren Theil des Rostes bedeckenden Brennmaterialschicht zu stoßen, wodurch eine sichere Entzündung und gute Verbrennung dieser Gase eintritt. Dieses Vortheiles wegen findet übrigens der Treppenrost auch öfters Verwendung für stückförmiges Brennmaterial, welches aber keine backenden Eigenschaften besitzen darf, da sonst das Nachrutschen des Brennmaterials ausbleibt, und die gleichmäßige Vertheilung des zu großen Klumpen zusammenbackenden Brennmaterials über die Fläche des Rostes dem Heizer zur Unmöglichkeit wird.

Die Beobachtung der von der Flamme zuerst getroffenen Stellen des Kessels wird dem Heizer während des Betriebes leider verwehrt; der Treppenrost befindet sich in dieser Beziehung dem Planrost gegenüber im Nachtheil.

Bezüglich der Haltbarkeit steht der Treppenrost aber wieder mit dem Planrost auf gleicher Stufe.

Es ergeben sich mithin für den Treppenrost folgende Vortheile und Nachtheile: Die Bedienung ist eine wesentlich leichtere und einfachere, als die des Planrostes; während dieser Arbeiten wird das schädliche Einströmen kalter Luft vermieden. Das Feuer kann leicht verstärkt werden, so daß bei plötzlich eintretendem starken Dampfverbrauche einem Sinken des Dampfdruckes wirksam begegnet wird; hierbei ist auch die Bildung von Rauch leichter zu vermeiden, als bei dem Planrost. Die Treppenrostfeuerung hat aber die Nachtheile,

daß sie viel Raum bedarf, und daß die Feuerplatten des Kessels dem Blicke des Heizers entzogen werden.

### 3. Die rauchfreien Feuerungen.

Während die Wasserkraft an einen bestimmten Ort, den Wasserlauf, gebunden und ihre Größe durch das vorhandene Gefälle und die Menge des fließenden Wassers begrenzt ist, bietet die Dampfkraft die Möglichkeit, an jedem beliebigen Ort Betriebskräfte in unbeschränktem Umfang zu entwickeln. Diese Vorzüge waren die Ursachen, daß die Industrie sich mehr und mehr der Dampfkraft bediente und aus den einsamen Thälern in die Städte wanderte, wo sie immer mächtiger emporblühte. Je mehr sich aber die Dampfmaschinen auf einem engen Raum zusammendrängten, desto fühlbarer wurden auch die Nachteile, unter welchen die Umgebung derartiger Anlagen zu leiden hat.

Weit lästiger, als der Lärm der Maschinen, werden dem Nachbar der Dampfmaschine die dem Schornstein entströmenden Heizgase, wenn dieselben reich an Rauch und Ruß sind. Nicht genug, daß diese Bestandtheile in kurzer Zeit die Außenseite der Häuser schwärzen und schänden, dringen sie auch in die Zimmer ein, alle Gegenstände rücksichtslos beschmutzend und verderbend. Selbst die Gesundheit des Bewohners bleibt nicht verschont; denn die mit der eingeathmeten Luft in die Lunge eindringenden Rauch- und Rußtheilchen können dem Wohlbefinden des Menschen unmöglich dienlich sein.

In gerechter Würdigung der durch starkrauchende Feuerungsanlagen hervorgerufenen Uebelstände sind denn auch die Staatsregierungen und Behörden seit geraumer Zeit bemüht gewesen, dem bedrängten Nachbar der Dampfmaschine Schutz angedeihen zu lassen; in England wurde das Rauchen der Schornsteine ganz einfach gesetzlich verboten.

Die Ursachen einer unzulässig starken Rauch- und Ruß-Entwicklung ergeben sich aus den Erörterungen des zweiten und dritten Abschnittes:

Werden an eine Kesselanlage zu hohe Anforderungen in Bezug auf die Dampferzeugung gestellt, so sind der zu kleine Kessel und der zu schwache Schornstein eben nicht im Stande, die große Menge Brennmaterial, welche unter dem Kessel verbrannt werden muß, vollständig zur Verbrennung zu bringen; Rauch und Ruß sind dann unvermeidlich.

Zuweilen sind es wohl auch einzelne Mängel oder das Zusammenwirken mehrerer solcher, welche das Uebel veranlassen. Hier-

bei kämen wieder in Betracht eine zu kleine oder ungeeignete Kosteinrichtung und zu schwacher Zug infolge ungenügenden Schornsteins; weiterhin die ausschließliche Verwendung eines die Rauchentwicklung begünstigenden Brennmaterials; endlich eine mangelhafte Bedienung der Anlage durch einen verständnißlosen, unfähigen Heizer.

Die Mittel, welche je nach Lage der Verhältnisse anzuwenden sind, die Rauchplage zu beseitigen, bestehen daher entweder in der Vermehrung der Heizfläche beziehungsweise der Beschaffung größerer oder zahlreicherer Kessel, oder in der Vergrößerung des Feuerraumes und Schornsteines, oder der Anwendung eines besser geeigneten Brennmaterials oder endlich einer fachkundigeren Bedienung der Anlage.

Nicht erhebliche Schwierigkeiten stellen sich mitunter der Herbeiziehung eines fachkundigen Heizers entgegen; denn an tüchtigen Heizern mangelt es leider immer noch sehr. Dieser Umstand ist aber der Anlaß gewesen, daß man sich schon seit langer Zeit abmühte, die Kessel mit Feuerungseinrichtungen zu versehen, welche dem Heizer seine Aufgabe erleichtern, oder noch besser, den Einfluß des Heizers auf die Güte der Verbrennung ganz aufheben und die letztere von dem guten Willen und der Geschicklichkeit des Heizers völlig unabhängig machen. Diese Bestrebungen führten zur Erfindung der zahlreichen, sogenannten rauchfreien Feuerungen, von welchen nunmehr die wichtigeren einer Besprechung zu unterziehen sind. Es wird sich hierbeizeigen, mit welchem Erfolge die Erfinder von Einrichtungen dieser Art sich die bereits Seite 44 hervorgehobenen Vortheile, welche die Zuführung des Brennmaterials ohne Pausen gewährt, zu Nutzen gemacht haben.

Die verschiedenen Arten der rauchverzehrenden Feuerungseinrichtungen lassen sich in zwei Gruppen theilen; in solche, bei welchen das frische Brennmaterial der gesammten Kosteinrichtung, und in solche, bei welchen dasselbe immer nur einem bestimmten Theil des Kostes zugeführt wird.

a) Feuerungseinrichtungen, bei welchen das frische Brennmaterial über die ganze Kosteinrichtung vertheilt wird:

Wohl das älteste Mittel, sowohl bei Planrostfeuerungen, als auch bei Treppenrostfeuerungen, den Rauch zu vermindern, bestand darin, den Flammen ein zweites Mal Luft (sekundäre Luft) durch Oeffnungen in der Feuerbrücke, oder dort, wo die Flammen den Feuerraum verlassen und in die Feuerzüge eintreten, zuzuführen; es wird damit beabsichtigt, den unverbrannten Gasen nochmals Luft

beizumischen, um die nachträgliche, vollständige Verbrennung derselben zu ermöglichen. Um die Sache zu vervollkommen, erwärmte man überdies die sekundäre Luft, indem man sie vorher durch Kanäle strömen ließ, welche im Mauerwerk des Feuerraumes angeordnet waren; es wird dann eine zu starke Abkühlung der Flamme, welche der Entzündung der unverbrannten Gase hinderlich sein würde, vermieden. Außerdem brachte man wohl auch dicht hinter der Feuerbrücke ein Gitter von feuerfesten Steinen an, welches im Betriebe glühend wurde und nun zur Entzündung der mit der Flamme hindurchwirbelnden unverbrannten Gase beitrug.

Erzielt man auch durch diese Hilfsmittel eine wesentliche Verminderung der Rauchentwicklung, so hat doch die Sache den Nachtheil, daß der Luftüberschuß ganz bedeutend erhöht wird, was, wie bereits früher gezeigt wurde, auf die Nutzbarmachung der aus dem Brennmaterial entwickelten Wärme einen sehr nachtheiligen Einfluß ausübt. Versuche an solchen, mit sekundärer Luftzuführung versehenen Feuerungsanlagen haben ergeben, daß dieselben oft mit dem 3 bis 4fachen der theoretisch zur Verbrennung erforderlichen Luftmenge arbeiteten; ein gewöhnlicher, von einem geschickten Heizer bedienter Planrost, welcher mit dem  $1\frac{1}{2}$ fachen derselben betrieben werden kann, ist dann in Bezug auf Sparsamkeit im Brennmaterialverbrauche der mit sekundärer Luftzuführung versehenen Feuerungseinrichtung weit überlegen.

Ein gleich einfaches, von Fairbairn zuerst angewandtes Mittel, die Rauchentwicklung zu vermindern oder vielmehr den Rauch in Wahrheit zu verbrennen, besteht darin, daß man den Planrost durch eine Längsscheidewand in zwei Theile theilt, welche abwechselnd mit frischem Brennmaterial beschickt werden; die auf dem beschickten Theil sich entwickelnden Gase werden bei ihrem Eintritt in die Feuerzüge infolge ihrer Berührung mit den Flammen der nachbarlichen Rosthälfte entzündet und verbrannt.

Selbst bei gewissenhafter und verständiger Bedienung seitens des Heizers ist indessen der Erfolg dieser Einrichtung nicht wesentlich größer, als er mit einem einfachen Rost zu erreichen ist, so daß dieselbe lediglich zum Zwecke der Rauchverzehrung nur noch selten angewendet wird.

Schon frühzeitig ging man in England dazu über, die Brennmaterialzuführung zu einer ununterbrochenen und selbstthätigen zu machen; hierzu bedurfte es aber besonderer Einrichtungen, welche das Brennmaterial über den Rost verstreuten.

Es wurde versucht, die aus einem Trichter fallende und hierauf durch ein Walzwerk zerkleinerte Kohle mittelst eines Luft- oder Dampf-

strahles von veränderlicher Stärke auf den Planrost zu blasen; der Erfolg konnte selbstverständlich ein befriedigender nicht sein. Mit mehr Glück wandte man an Stelle des Luftstromes Schaufeln an, welche durch Federn gespannt wurden und die Kohle, je nach der Spannung der Federn, mehr oder weniger weit über den Rost schneitten. Am besten bewährten sich Einrichtungen, bei welchen das Brennmaterial durch raschlaufende Schleuderräder über den Rost verstreut wurde. Dieses Verfahren findet auch bei der neuerdings in Deutschland eingeführten Feuerung von Leach (sprich Liedsch) Anwendung.

Bei Leach's mechanischer Feuerungseinrichtung fällt die entweder schon zerkleinerte oder zum Zweck der Zerkleinerung durch ein Walzwerk gehende Kohle, deren Menge durch einen unterhalb des die Kohle bergenden Trichters befindlichen, mit Kammern versehenen und hin und her bewegten Schieber geregelt wird, abwechselnd auf zwei Schleuderräder; die Schaufeln der letzteren werfen die Kohle in den Feuerraum. Die gleichmäßige Vertheilung der Kohle über den Rost wird aber durch eine, vor den Schaufelrädern beweglich angebrachte, um eine wagerechte Achse verstellbare Klappe herbeigeführt; je nachdem diese Klappe die Kohlenstücke ungehindert vorbeischieben läßt oder infolge einer mehr oder weniger geneigten Stellung ein Anprallen derselben veranlaßt, wird auch die Kohle entweder bis zum Ende des Rostes gelangen oder näher der Feuerthüre zum Niederfallen kommen. Eine regelmäßige Verstellung der Klappe hat mithin auch die gleichmäßige Vertheilung der Kohle über den Rost zur Folge.

Alle erforderlichen Bewegungen werden von einer durch Maschinenkraft angetriebenen Welle veranlaßt. Die Menge des zuzuführenden Brennmaterials läßt sich dem Betrieb durch Veränderung des Hubes, welchen der obengenannte Schieber ausführt, anpassen. Unterhalb der Zuführungseinrichtung befindliche Feuerthüren ermöglichen das Schüren und Abschladen des Rostes.

Diese Feuerungseinrichtung hat sich recht gut bewährt; die Verbrennung erfolgte stets mit einem mäßigen Luftüberschuß und blieb eine rauchfreie. Bei stark backender Kohle wird sie indessen versagen. Ob die ziemlich rasch laufenden Maschinentheile nicht zu häufigen und kostspieligen Reparaturen Anlaß geben, wird die Zukunft lehren. Die Einrichtung ist bisher in Deutschland nur bei einer mäßigen Anzahl von Kesseln angewendet worden.

Es ist einleuchtend, daß die Rauchbildung auch wirksam verhindert wird, wenn die aus dem frisch zugeführten Brennmaterial sich entwickelnden Gase gezwungen werden, ihren Weg durch die lebhaft brennende alte Schicht zu nehmen, wobei sie die beste Gelegenheit finden, sich zu entzünden und zu verbrennen. Dies zu erzielen, müßte



entweder bei einem Rost mit gewöhnlicher Beschickungsart die Richtung des Feuers in der Brennmaterialschicht umgekehrt werden, oder die Beschickung in der Weise erfolgen, daß das frische Brennmaterial nicht auf, sondern unter die alte Brennmaterialschicht gelangt. Beide Verfahren sind versucht und angewendet worden.

Die Richtung des Feuers in der Brennmaterialschicht wird zu einer entgegengesetzten, wenn man die zur Verbrennung erforderliche Luft durch die stets offene Feuerthür einströmen läßt, den Feuerraum an der Feuerbrücke, den Aschenfall unterhalb der Feuerthüre abschließt und die hintere Stirnwand des Aschenfalls mit einer Oeffnung versehen, an welche sich der erste Feuerzug anschließt. Es ist klar, daß die Flamme dann durch den Rost in den Aschenfall herabschlagen und von diesem aus in die Feuerzüge eintreten wird.

Eine gute Rauchverzehrung wird mit einer solchen Einrichtung erzielt; leider hat die Sache aber den Nachtheil, daß der Rost sehr rasch verbrennt und zerstört wird. Man versuchte diesen Uebelstand dadurch zu beseitigen, daß man die Roststäbe hohl machte und ihre Enden in ebenfalls hohle Rostbalken münden ließ, welche letzteren wiederum mit dem Kessel in Verbindung standen, so daß in den mit Wasser angefüllten Roststäben auch eine nicht unbedeutliche Dampferzeugung stattfand. Die nicht zu vermeidenden Verstopfungen der Roststäbe und sonstigen Rohrverbindungen, sowie die zahlreichen Dichtungen waren die Ursache, daß die Einrichtung nur versuchsweise ausgeführt wurde und bald wieder verschwand.

Der Gedanke, das frische Brennmaterial von unten zuzuführen, liegt einer älteren Einrichtung zu Grunde, welche nach ihrem Erfinder der Langen'sche Stufen- oder Stagenrost genannt wird und noch heutigen Tages in Anwendung steht. Nahm die vorhin geschilderte Einrichtung ihren Ausgang von der Planrostfeuerung, so schließt sich der Stufenrost in seiner Gestalt mehr der Treppenrostfeuerung an; die Einrichtung ist in Figur 18 (nächste Seite) dargestellt.

Wie ersichtlich, besteht hier der Rost aus mehreren stufenförmig über einander liegenden Schürplatten *a*, deren vorderes Ende sich in schräg nach unten gerichtete Roststäbe *b* fortsetzt. Wie bei dem Treppenrost schließt ein Schlackenrost den unteren Theil des Feuerraumes ab.

Das frische Brennmaterial wird auf die Schürplatten geworfen; die aus demselben sich entwickelnden Gase müssen ihren Weg durch die hellbrennende Brennmaterialschicht hindurch nehmen und werden hierbei sicher entzündet und verbrannt. Ist das Brennmaterial entgast, so wird es mit einem Schüreisen von den Platten weg mehr nach hinten geschoben und über den Rost vertheilt.

Mit Braunkohle und magerer Steinkohle wird auf diese Weise eine recht gute, rauchfreie Verbrennung erzielt; doch erfordert die Bedienung des Stufenrostes immerhin, wenn die Verbrennung eine wirklich rauchfreie sein soll, einen geschickten Heizer. Für backende Kohle ist die Einrichtung nicht anwendbar.

Die Aufgabe, dem Planrost das frische Brennmaterial von unten und zwar ununterbrochen zuzuführen, hat der Engländer Smith gelöst.

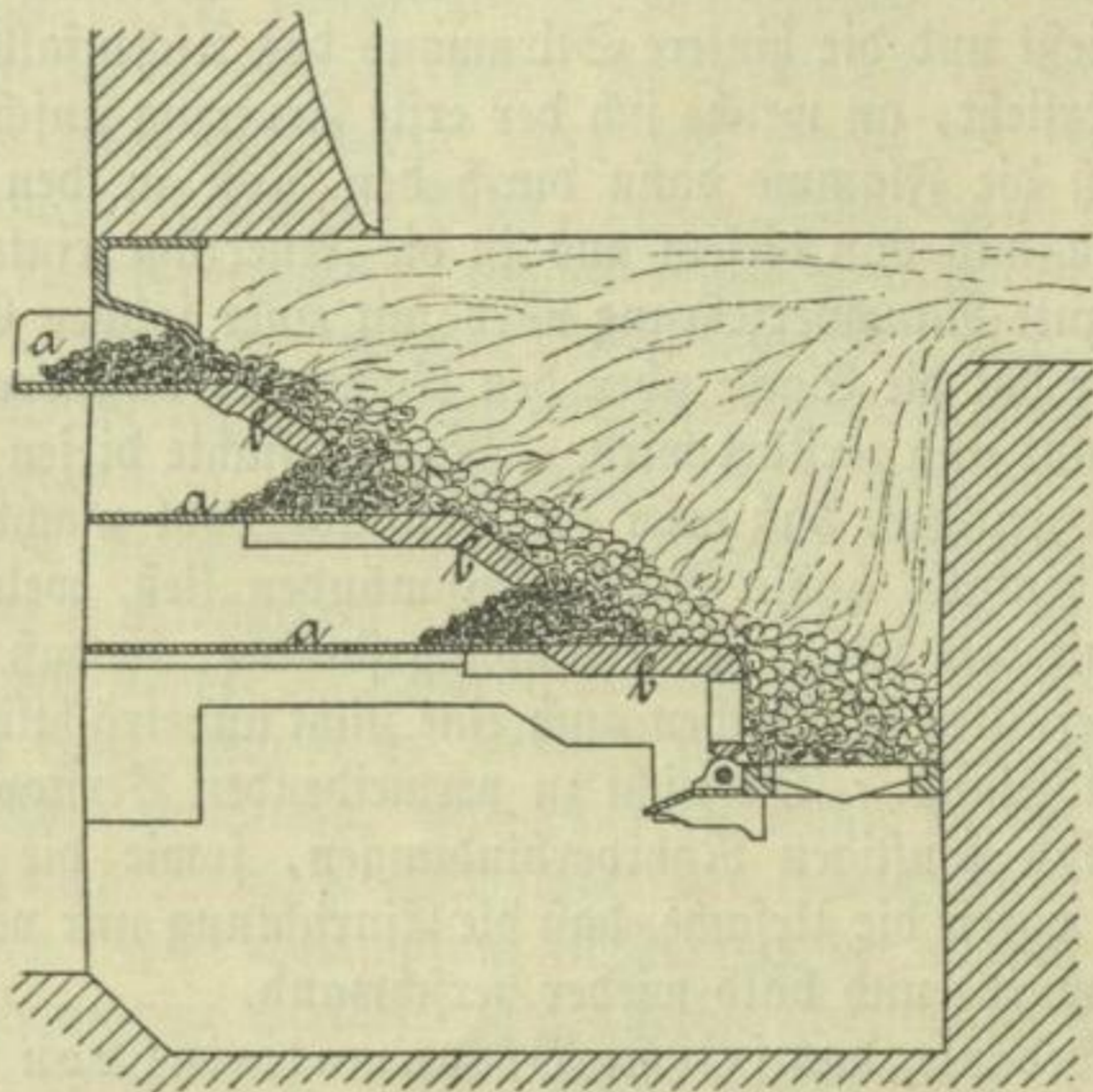


Fig. 18.

Bei der von diesem Erfinder erdachten Einrichtung, wohl auch Helix-(Schnecken-)Rost genannt, befindet sich vor der Feuerung ein Trichter, in welchen das zerkleinerte Brennmaterial geworfen wird; aus dem Trichter fällt es in einen querliegenden Trog, an welchen sich drei unter dem Rost entlang geführte Röhren schließen. Die Röhren, welche nahezu so lang, wie der Rost, sind, umgeben drei langsam sich bewegende, nach vorn etwas schwächer werdende Schnecken oder Schrauben. Mit ihrer oberen Kante liegen die Röhren in der Ebene der Rostfläche und sind hier offen, d. h. mit einem langen Schlitz versehen.

Durch die Bewegung der Schnecken wird nun sowohl das denselben zugeführte Brennmaterial in den Röhren fortgeschoben, als auch hochgehoben und somit ununterbrochen aus den Schlitz auf den Rost gedrückt. Die Roststäbe erhalten aber eine langsam auf und ab schwingende Bewegung, durch welche das frische Brenn-

material gleichmäßiger über den Rost vertheilt, und die Brennmaterialschicht zugleich lockerer gehalten wird.

Das hintere Ende des Rostes ist als Kipprost hergestellt, vermittelt dessen die Schlacke entfernt werden kann.

Auch die Smith'sche Feuerungseinrichtung hat sich ziemlich gut bewährt; für backende und schlackende Kohle eignet sie sich indessen nicht. Zu zahlreichen Ausführungen ist sie in Deutschland nicht gekommen.

b) Feuerungseinrichtungen, bei welchen das frische Brennmaterial stets einer bestimmten Stelle des Rostes zugeführt wird:

Wie bereits Seite 42 angedeutet wurde, ist die Verbrennung leichter zu einer rauchfreien zu gestalten, wenn das frische Brennmaterial nur einer bestimmten Stelle des Rostes zugeführt wird, die sich entwickelnden Gase mit der zu ihrer Verbrennung erforderlichen Luftmenge versehen und hierauf mit der Flamme der hellbrennenden alten Schicht in Berührung gebracht werden. Es wurde weiter Seite 85 darauf hingewiesen, daß es zweckmäßig ist, als Zuführungsstelle den vorderen, dem Heizer zunächst gelegenen Theil des Rostes zu wählen, weil hierdurch dem Heizer die Brennmaterialzuführung wesentlich erleichtert wird.

Die Zahl der rauchfreien Feuerungseinrichtungen, welche von diesem Grundgedanken ausgehen, überwiegt die aller anderen. Dieselben unterscheiden sich in solche, bei welchen die zu verbrennenden Gase zu der Flamme der alten Brennmaterialschicht treten — Feuerungen mit vorgehender Flamme; ferner in solche, bei welchen diese Flamme umkehrt und auf die Gase stößt — Feuerungen mit rückkehrender Flamme; endlich in solche, bei welchen die Gase ihren Weg durch das ältere Brennmaterial nehmen und in die Flamme desselben treten — Feuerungen mit einhüllender Flamme.

Zu den erstgenannten Feuerungseinrichtungen, denen mit vorgehender Flamme, gehören auch die Planrostfeuerung, wenn dieselbe in der auf Seite 85 und 86 beschriebenen Weise bedient wird, und die auf Seite 88 u. f. erläuterte Treppenrostfeuerung.

Man war auch hier bald bemüht, die Brennmaterialzuführung zu einer ununterbrochenen zu machen. Während die Planrostfeuerung diesen Bestrebungen einige Schwierigkeiten entgegensezt, ist dieses Ziel bei der Treppenrostfeuerung ziemlich leicht zu erreichen; es braucht eben nur die Neigung des Rostes derart gewählt zu werden, daß das frische Brennmaterial in demselben Maße nachrutscht, als das ältere verzehrt wird.

Die Planrostfeuerung mit ununterbrochener Brennmaterial-

zuführung am vorderen Rostende und vorgehender Flamme ist ebenfalls in England häufig zur Ausführung gekommen.

Die älteste Art derselben ist unter dem Namen des Kettenrosts bekannt. Der Rost ist hier aus einzelnen, an den Enden durch Gelenkbolzen miteinander verbundenen Stäben zusammengesetzt und bildet eine endlose, über zwei wagerechte Trommeln laufende Kette, welche durch Maschinenkraft langsam bewegt wird. Das frische Brennmaterial fällt aus einem Trichter vorn auf den Rost herab, wird mit dem Rost in den Feuerraum geführt, verbrennt und soll an der Feuerbrücke als Asche und Schlacke anlangen.

Die Schwierigkeit, die Verbrennung und die Bewegung des Rostes stets in Einklang zu bringen, und die rasche Zerstörung des Rostes waren die Klippen, an welchen der Erfolg der Einrichtung scheitern mußte.

Etwas günstigere Erfahrungen machte man mit Einrichtungen, bei welchen das Brennmaterial auf den Rost geschoben wird, und dieser für ein Fortschreiten desselben sorgt. Alle Einrichtungen dieser Art haben das Gemeinsame, daß die frische Kohle aus einem Trichter in ein Gehäuse herabfällt, in welchem sich Kolben hin und her bewegen; die Kolben schieben nun das Brennmaterial auf den Rost herab. Die der Feuerthür zunächst gelegenen Enden der Roststäbe werden aber durch eine vielfach gekröpfte Welle oder eine Anzahl Excenter erfaßt und im Kreise bewegt, während die hinteren Roststäben auf einem Rostträger gleiten. Die Roststäbe nehmen demnach eine schwingende Bewegung an. Da indessen immer die benachbarten Roststäbe nicht gleichzeitig schwingen, sondern hierin einander voreilen, so wird nicht nur die Brennmaterialschicht beständig aufgelockert, sondern auch ein Wandern des Brennmaterials nach der Feuerbrücke zu veranlaßt, wo sich schließlich die Schlacke ansammelt und vermittelst eines Ripprostes nach unten entfernt werden kann.

Auch diese Einrichtungen ergeben bei nicht backender Kohle eine ziemlich rauchfreie Verbrennung; doch fällt viel Brennmaterial durch die Rostspalten und geht verloren. In Deutschland sind sie nicht heimisch geworden.

Eine weit größere Verbreitung erlangten bei uns Feuerungseinrichtungen mit rückkehrender Flamme, als deren Erfinder der Ingenieur Tenbrink gilt, welcher dieselbe zuerst in Frankreich 1860 an Lokomotivkesseln anwandte.

Die einfachste Form einer Feuerungseinrichtung mit rückkehrender Flamme dürfte die von Adam (Sebnitz) eingeführte sein, welche Figur 19 darstellt.

Bei dieser Einrichtung findet wieder ein Planrost Verwendung;

das frische Brennmaterial wird auf den vorderen, der Feuerthür zunächst gelegenen Theil des Kofes geworfen. Ein über den Kof gespanntes, hinten etwas tiefer liegendes Gewölbe von feuerfesten Steinen *a* zwingt die Flamme des hinteren Koftheiles am Gewölbe entlang nach vorn zu ziehen und auf die aus dem frischen Brennmaterial sich entwickelnden Gase zu stoßen. Den letzteren wird entweder die zu ihrer Verbrennung nöthige Luft durch die Kofspalten oder durch Oeffnungen der Feuerthüre zugeführt (vergleiche Seite 85). In dem Zwischenraum, welchen das zuerst genannte Gewölbe mit einem darüber liegenden, kurzen, nach hinten etwas ansteigenden Gewölbebogen *b* bildet, erfolgt die Entzündung und Verbrennung der Gase, worauf die Flammen am Kessel entlang ziehen.

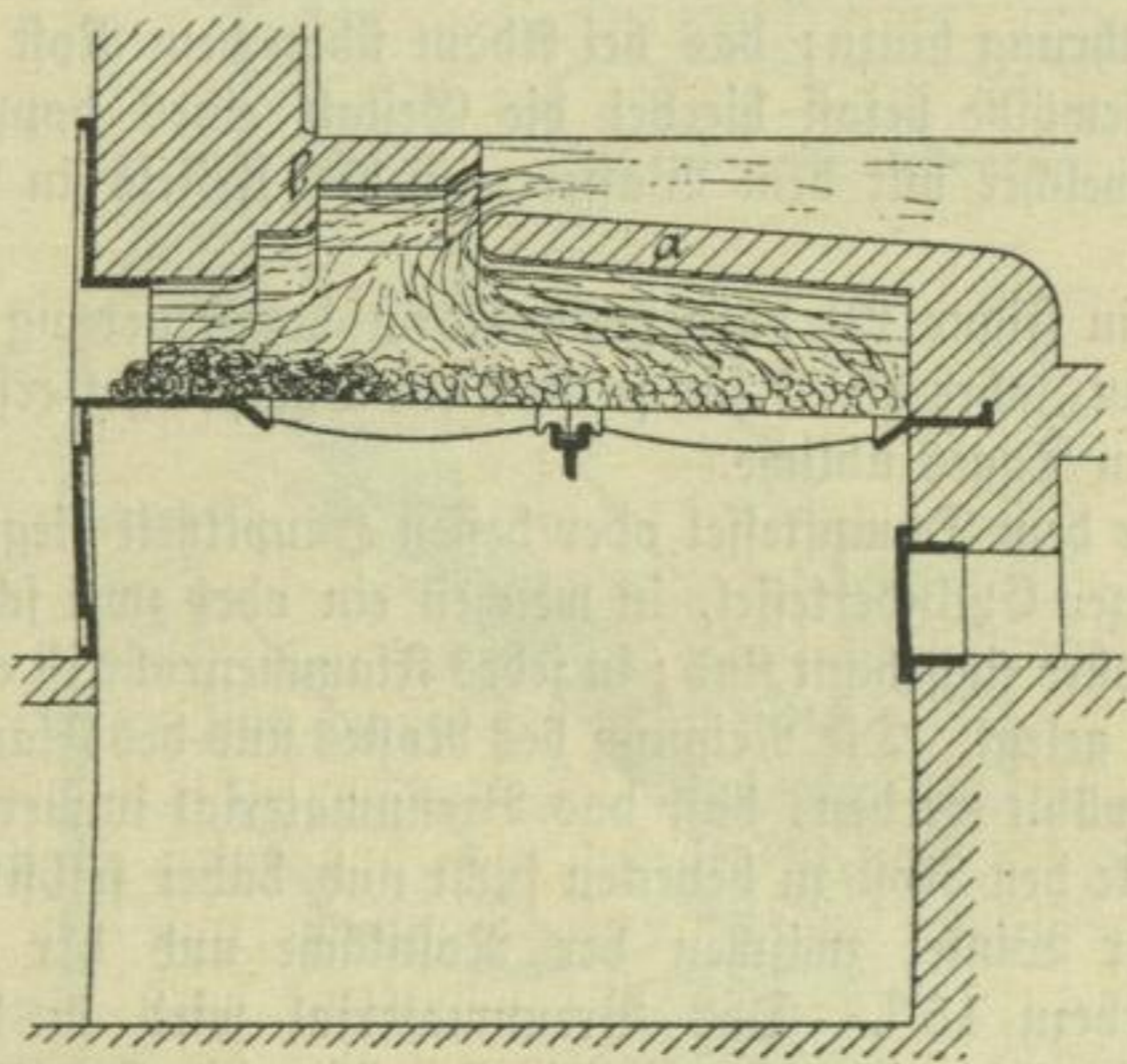


Fig. 19.

Auch mit dieser Einrichtung läßt sich von einem geschickten Heizer eine ziemlich rauchfreie Verbrennung erzielen. Mängel machen sich insofern fühlbar, als die rückkehrende Flamme und das glühende Gewölbe dem Kof und der Feuerthür ungemein lebhaft Wärme zustrahlen, so daß die Kofstäbe ziemlich rasch zerstört werden, und die Heizer, um das Glühendwerden und Zerspringen der Feuerthür zu verhüten, und wohl auch, um eine möglichst vollständige Rauchverzehrung zu erzielen, gezwungen sind, die Thür stets etwas geöffnet zu halten und überschüssige Luft einzulassen. Die von der strahlenden Wärme sehr belästigten Heizer gerathen überdies in Versuchung, das gehörige Hinterschieben des entgasten Brennmaterials zu unterlassen, so daß auf dem hintern Theile des Kofes leere

Stellen entstehen, durch welche noch mehr überflüssige Luft einströmt. Die Verbrennung wird daher in der Regel mit einem zu großen Luftüberschuß erfolgen. Versuche haben denn auch ergeben, daß diese Feuerungen gewöhnlich mit dem 2 bis 3fachen der theoretisch erforderlichen Luftmenge arbeiteten, welcher Umstand natürlich die Sparsamkeit im Brennmaterialverbrauch wesentlich beeinträchtigt.

Bei der von Tenbrink erdachten vorzüglichen Feuerungseinrichtung wird dem Kofst das frische Brennmaterial ununterbrochen zugeführt; doch bedarf es hierzu keiner mechanischen Vorrichtung, da lediglich die Schwere des Brennmaterials als fördernde Kraft thätig ist. Die erste, 1857 von Tenbrink angegebene Einrichtung benutzte allerdings die rückführende Flamme noch nicht. Erst bei seiner Lokomotivfeuerung vom Jahre 1860 fügte er diese Art der Flammenführung hinzu; das bei Adam über dem Kofst schwebende, geneigte Gewölbe besaß hierbei die Gestalt eines doppelwandigen Körpers, welcher mit dem Wasserraum des Kessels in Verbindung stand.

Die in Figur 20 dargestellte Form der Feuerung ist die von Tenbrink im Jahre 1870 für feststehende Dampfkessel erfundene und bis heutigen Tages übliche.

Unter dem Dampfkessel oder dessen Haupttheil liegt ein wagerechter, kurzer Cylinderkessel, in welchen ein oder zwei schrägliegende Flammenrohre eingebaut sind; in jedes Flammenrohr ist ein geneigter Planrost *a* gelegt. Die Neigung des Rostes und des Flammenrohres muß so gewählt werden, daß das Brennmaterial immer in gleicher Schichtstärke den Kofst zu bedecken sucht und dabei selbstthätig nachrutscht; der Winkel zwischen der Rostfläche und der wagerechten beträgt nahezu  $45^\circ$ . Das Brennmaterial wird in den Schüttkasten *b* gebracht und rutscht aus diesem über die Schürplatte *c* hinweg auf den Kofst; die Dicke der Schicht kann aber durch die Verengerung oder Erweiterung des Schüttkastens, dessen mittlere Platte verstellbar ist, verändert werden. Die sich am Fuße des Rostes ansammelnde Asche und Schlacke *d*, welche niemals ganz entfernt wird, verschließt die untere Oeffnung des Flammenrohres und verhindert das Eindringen kalter Luft in das letztere.

Den sich aus dem frischen Brennmaterial auf der Schürplatte entwickelnden Gasen wird nun durch den Kanal *e* die zu ihrer Verbrennung erforderliche Luft zugeführt; die Menge dieser Luft, welche nicht größer sein soll, als zur Verbrennung der entwickelten Gase nothwendig ist, kann durch die einstellbare Klappe *f* geregelt werden.

Der Gang der Feuerung ist einleuchtend: Die Verbrennung wird geregelt durch die Veränderung der Zugstärke und der Dicke der

Brennmaterialschicht. Die von unten kommende Flamme stößt bei ihrem Austritt aus den Flammenrohren mit dem auf dem oberen Theil des Kofes gebildeten Gas- und Luftgemisch zusammen und bewirkt dessen Entzündung und Verbrennung.

Um den Luftzutritt durch die Klappe *f* auf das richtige Maß zu bringen, wendet man folgendes einfache Mittel an: Man schließt die Klappe zunächst vollständig; sofort wird der Schornstein rauchen. Die Klappe wird hierauf langsam nach und nach geöffnet; sowie das Rauchen des Schornsteins aufhört, hat auch die Luftzuführung das richtige Maß erreicht, und wird nunmehr die Klappe in dieser Lage festgestellt.

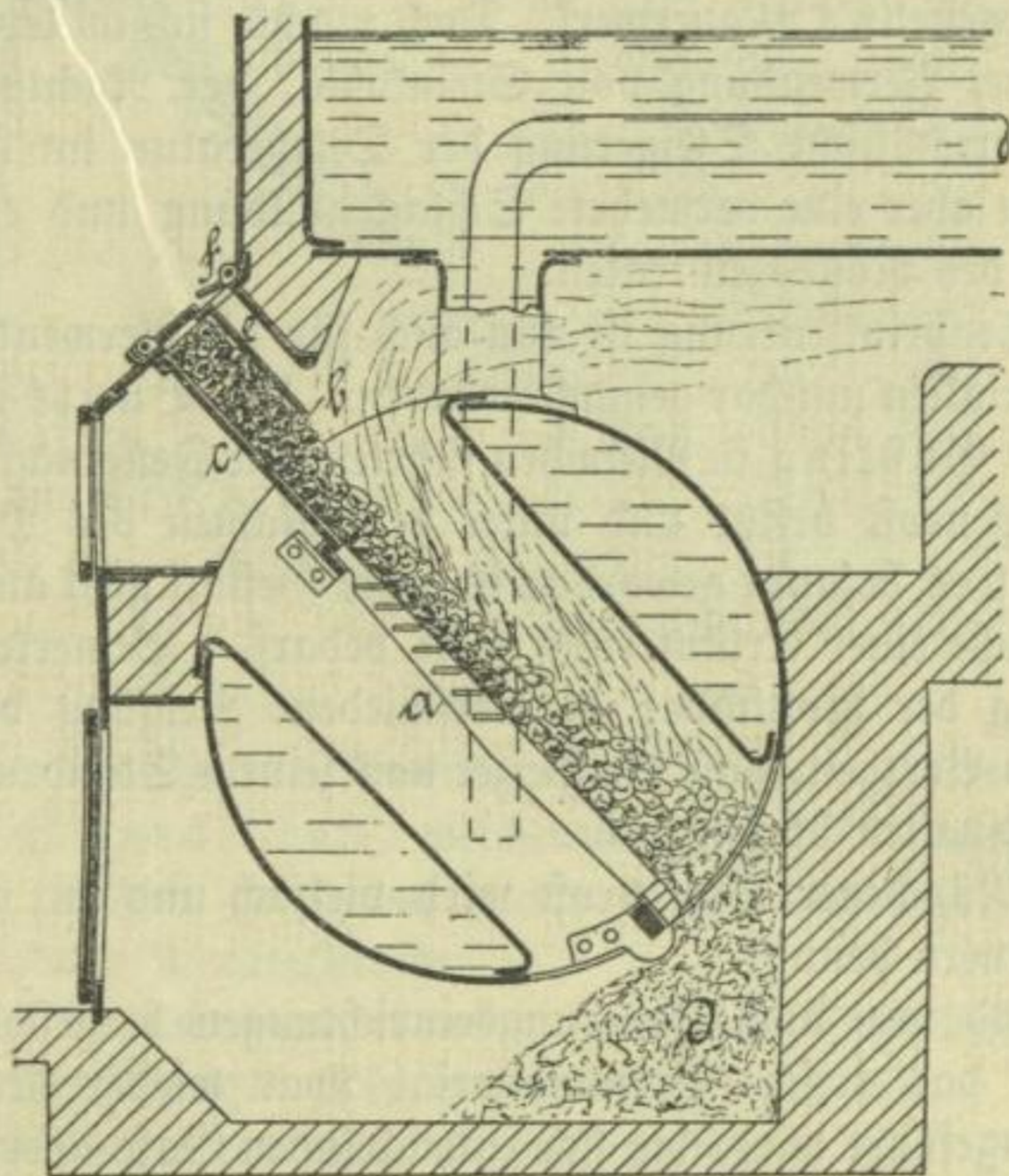


Fig. 20.

Es ist endlich zu erwähnen, daß der Querkessel, um aus demselben den gebildeten Dampf abzuführen, an seinem höchsten Punkte mit dem Hauptkessel durch Rohre oder Stützen verbunden werden muß; ein schwächeres, im tiefsten Punkte des Querkessels mündendes Rohr führt demselben frisches Wasser aus dem Hauptkessel zu und veranlaßt einen ziemlich lebhaften Umlauf der Wassermasse.

Auch diese Einrichtung giebt bei leichter Bedienung eine rauchfreie und sehr gute Verbrennung mit mäßigem Luftüberschusse; als Vortheile sind noch hervorzuheben, daß mit der Anbringung der Einrichtung zugleich eine Vermehrung der Heizfläche eintritt, und daß von

der strahlenden Wärme des Feuers, wie bei allen Innenfeuerungen, verhältnißmäßig nur wenig verloren geht. Bei stark backender und schlackender Kohle versagt sie aber den Dienst, weil dann das regelmäßige Rutschen des Brennmaterials aufhört.

Der außergewöhnliche Erfolg der Tenbrinkfeuerungen gab den Anstoß zu weiteren, auf denselben Grundgedanken beruhenden Einrichtungen. Kuhn umging den theueren, mit Feuerrohren versehenen Cylinderkessel und erzielte die rückkehrende Flamme dadurch, daß er dem Tenbrinkrost gegenüber einen cylindrischen, mit Wasser gefüllten Kesseltheil anordnete. Andere verzichteten auf die Zuhilfenahme von Kesseltheilen ganz und setzten an deren Stelle ein aus feuerfesten Steinen hergestelltes Mauerwerk. Doch machte sich im letzteren Falle, besonders bei Verwendung von Steinkohle, der Nachtheil geltend, daß eine beträchtliche Steigerung der Temperatur im Feuerraum, infolgedessen aber eine vermehrte Schlackenbildung und eine raschere Zerstörung des Rostes eintraten.

Die Tenbrinkfeuerungen sind nun auch für die Verwendung klarer Brennmaterialien nutzbar gemacht worden. Dr. Bunte und Oberingenieur Gysling in München führten eine Feuerung ein, welche einen Treppenrost besitzt und unter dem Namen des Münchener Stufenrostes bekannt geworden ist; ihre Gestalt geht aus Figur 21 hervor, welche einer Erläuterung nicht bedarf. Bemerkenswerth ist die Stellung der Roststäbe; die verschiedene Neigung der letzteren gewährt den Vortheil, daß der Heizer von seinem Stand aus zugleich in alle Rostspalten blicken kann.

Der Münchener Stufenrost wird vielfach und mit großem Erfolge in Bayern benutzt.

Es sind nun auch Feuerungseinrichtungen hergestellt worden, bei welchen das frische Brennmaterial zwar wieder dem vorderen Rostende zugeführt wird, die sich entwickelnden Gase aber gezwungen werden, ihren Weg durch die alte Brennmaterialschicht oder einen Theil derselben zu nehmen und in die Flamme dieser Schicht zu treten; das Kennzeichen dieser Einrichtungen ist also die einhüllende Flamme.

Eine Feuerungseinrichtung der vorbezeichneten Art wird erhalten, wenn man den vorderen Theil des Feuerraumes durch eine bis zur Oberfläche der Brennmaterialschicht herabreichende Wand abtrennt, und das frische Brennmaterial nur diesem Raum zuführt. Wilmsmann hat den Planrost, Bölcker den Treppenrost in diesem Sinne in rauchfreie Feuerungen umgewandelt. Doch wird bei beiden Feuerungseinrichtungen ein Theil der Gase auch durch besondere Kanäle abgeführt und, mit Luft vermischt, in die Flamme geleitet; bei Wilms-



mann liegen diese Kanäle seitlich im Mauerwerk des Feuerraumes, bei Bölcker in der Scheidewand des Feuerraumes.

Die Wilmsmann'sche sogenannte Wehrfeuerung ist vorwiegend in Westfalen, die Bölcker'sche Feuerung in der Provinz Sachsen in Benutzung.

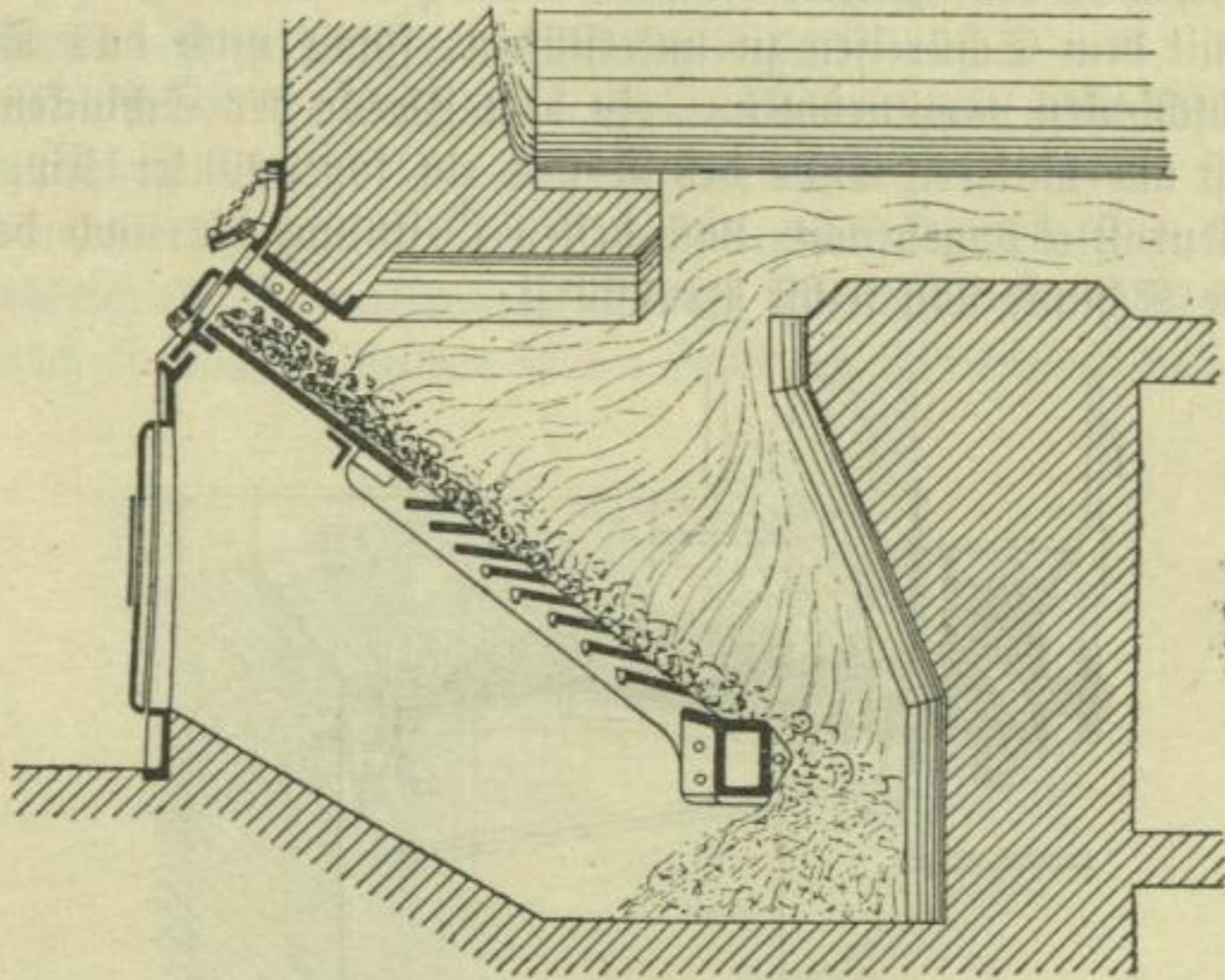


Fig. 21.

Zu dieser Gruppe von Feuerungseinrichtungen gehört weiter der Schults'sche Schneckenrost, welcher in Figur 22 (nächste Seite) dargestellt ist; Schults geht vom Planrost aus und führt demselben das Brennmaterial ununterbrochen zu.

Der Rost ist nicht ganz eben; im vorderen Theil besitzt er eine muldenartige Vertiefung. Die Brustplatte ist mit einem oder zwei rohrartigen Gehäusen versehen, in welchen sich je eine Schraube *a* bewegt, die von einer stehenden Welle *b* unter Beihilfe einer Schnecke und eines Schneckenrades in langsame Umdrehung versetzt wird. Auf dem Gehäuse der Schrauben befindet sich je ein Trichter *c*, in welchen das Brennmaterial geworfen wird; die Schrauben befördern dasselbe aus dem Trichter und dem Gehäuse heraus in die Vertiefung und auf den Rost, auf welchem sich ein kegelförmiger Berg von Kohlen bildet. Die Verbrennung wird geregelt durch Veränderung der Geschwindigkeit der Schraube, beziehungsweise durch Verschiebung des auf einem Konus laufenden Antriebsriemens des Schneckenvorgeleges.

Die im Inneren des Kohlenberges sich entwickelnden Gase müssen nun ihren Weg durch die äußeren, in lebhaftester Gluth be-

findlichen Kohlschichten nehmen und werden dabei entzündet und verbrannt. Eine besondere Luftzuführung findet nicht statt, da sich die durch die Rostspalten eindringende Luft zur Verbrennung der Gase als ausreichend erweist.

Zwei seitlich von der Zuführvorrichtung angebrachte Thüren ermöglichen es dem Heizer, die Ausbreitung der Kohle über die Rostfläche mit dem Schürreisen zu unterstützen, sowie auch das Schüren und Abschlagen vorzunehmen. Zu dem Zwecke der Schlackenentfernung ist am hinteren Ende des Rostes ein sogenannter Ripp- oder Schlackenrost *d* angebracht, nach dessen Oeffnung die nach dort geschobene Schlacke von selbst herabstürzt.

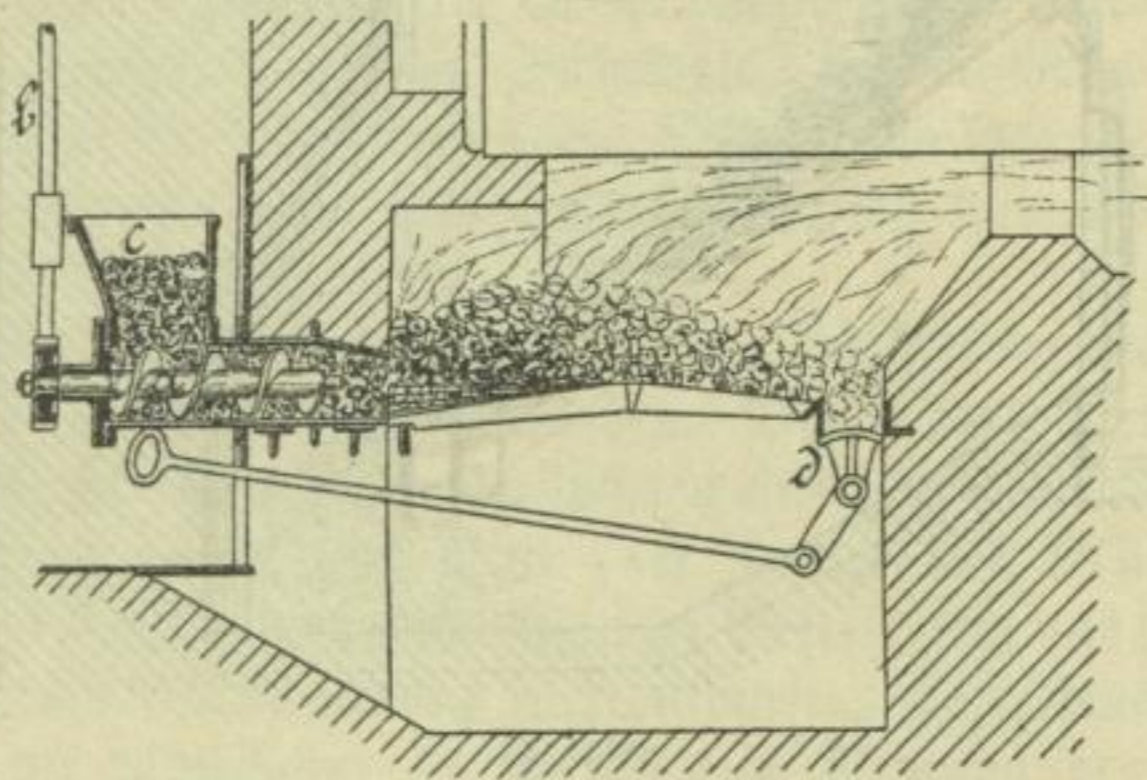


Fig. 22.

Auch die Schults'sche Feuerung ergiebt für magere Steinkohle eine gute, rauchfreie Verbrennung; doch muß der Heizer etwas nachhelfen, damit die hinteren Ecken des Rostes nicht leer werden und kalte Luft hereinlassen.

Bei backender Kohle schmilzt indessen der Kohlenberg zu einem großen, der Luft den Zugang verwehrenden Klumpen zusammen, welcher vom Heizer aufgelockert und zertheilt werden muß; es kommen dann unvergaste Kohlentheile an die Oberfläche, und die Feuerung fängt an zu rauchen.

Wenn ferner bei unregelmäßigem Dampfverbrauch die Verbrennung in starkem Maße beschleunigt werden soll, so fehlt es für die Entgasung des frischen Brennmaterials an Zeit, und ist der Rauch ebenfalls nicht völlig zu vermeiden.

Es sei noch bemerkt, daß es nothwendig ist, dem Rost etwas mehr Abstand vom Kessel zu geben, als dies bei dem gewöhnlichen Planrost geschieht, um die Feuerplatten vor Beschädigungen durch die sich bildenden, sehr heißen Stichflammen zu bewahren.

Der gleiche Grundgedanke, die sich aus dem frischen, dem

vorderen Kostende zugeführten Brennmaterial entwickelnden Gase dadurch zur Verbrennung zu bringen, daß man sie durch glühende Brennmaterialschichten führt, wird endlich auch bei der Donneley'schen (sprich Donneley) Feuerung verfolgt; bei derselben wird aber die ununterbrochene Zuführung des frischen Brennmaterials auf einfachere Weise, nämlich durch die Schwere desselben, bewirkt. Die Einrichtung ist in Figur 23 dargestellt.

Vor dem Kessel befindet sich eine Reihe senkrechter Röhren *a*, welche zwischen sich nur schmale Spalten lassen; die Röhren münden mit ihrem oberen und unteren Ende paarweise in Köpfe, welche an den wagerechten Sammelrohren *b* und *c* befestigt sind. Das Rohr *b* steht durch ein Rohr, welches in der Höhe der Wasserlinie des Kessels

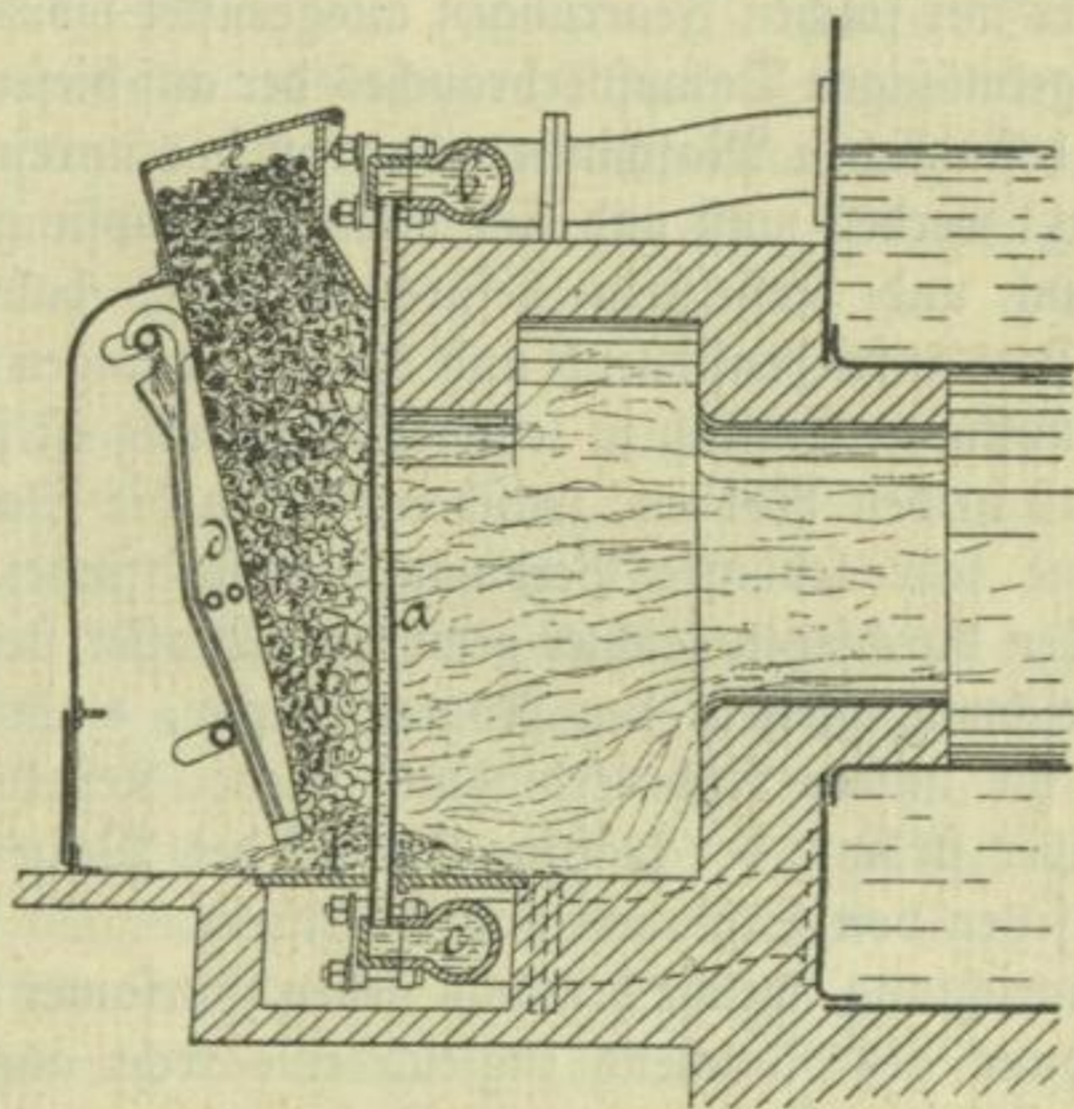


Fig. 23.

mündet, mit dem letzteren in Verbindung; das Rohr *c* ist durch ein oder zwei Rohre mit dem unteren Theile des Kessels verbunden. Oft sind auch zwischen den Röhren *b* und *c* noch seitliche Verbindungsrohre angebracht. Dem Röhrenrost *a* gegenüber liegt aber ein nahezu senkrechter Planrost *d*. Der schachtförmige Raum zwischen dem Röhrenrost und dem Planrost nimmt das Brennmaterial auf; in den Schüttkasten *e* wird das frische Brennmaterial geworfen.

In der Hauptsache wird nun die Verbrennung geregelt durch die Veränderung des Zuges; doch kann auch die Weite des Raumes zwischen Röhrenrost und Planrost verstellbar und damit die Dicke der Brennmaterialschicht verändert werden. Die aus dem frischen, im oberen Theil des Schachtes befindlichen Brennmaterialie sich ent-

wickelnden Gase nehmen ihren Weg nach unten und kommen mit dem lebhaft brennenden Brennmaterial in Berührung, infolgedessen sie sicher entzündet und verbrannt werden; die zu ihrer Verbrennung erforderliche Luft wird durch die Rostspalten in genügender Menge zugeführt. In demselben Maße, wie die Verbrennung fortschreitet, fällt von oben frisches Brennmaterial nach; unten aber sammelt sich die Asche und Schlacke *f* an, welche von Zeit zu Zeit entfernt werden muß.

Die Donneley-Feuerung hat sich ebenfalls gut bewährt; sie liefert bei wenig Mühe und keine besondere Geschicklichkeit erfordernder Bedienung eine völlig rauchfreie und gute Verbrennung mit sehr mäßigem Luftüberschuß.

So ist auch eine größere Anzahl der auf der Elbe verkehrenden Rettendampfer mit solchen Feuerungen ausgerüstet worden; trotz des ziemlich unregelmäßigen Dampfverbrauches der auf diesen Fahrzeugen im Betriebe befindlichen Maschinen und trotz des unreinen Wassers, welches benutzt werden muß und eine öftere Verstopfung der Röhren mit Schlamm und Kesselstein befürchten läßt, haben doch die Feuerungen stets zufriedenstellend und ohne Störungen gearbeitet.

Von günstigem Einfluß in letzterer Beziehung ist jedenfalls der Umstand, daß in den Röhren, zwischen welchen die Flammen durchschlagen, eine sehr lebhafteste Verdampfung stattfindet. Das mit Dampfbläschen durchsetzte, leichter gewordene Wasser steigt daher mit ziemlicher Geschwindigkeit in den Röhren empor, während aus dem Kessel durch die untere Rohrverbindung wieder Kesselwasser in die Röhren herüber strömt; der kräftige Umlauf des Wassers verhindert aber das Ansetzen von Schlamm und Kesselstein.

Die Einrichtung, welche demnach neben sparsamer Verbrennung und Vermeidung des Rauchens zugleich eine recht angenehme Vermehrung der Kesselheizfläche und der Verdampfung mit sich bringt, ist zu den besten zu rechnen, die bisher benutzt wurden. Für die alleinige Verwendung stark backender und schlackender Kohle ist sie indessen nicht geeignet, weil dann die Kohle hängen bleibt, Hohlräume bildet, und bei dem Nachstoßen seitens des Heizers schließlich die Feuerung auch raucht.

Als letzte Gruppe der rauchfreien Feuerungseinrichtungen kommen diejenigen in Betracht, bei welchen das frische Brennmaterial einer oder zwei, sich über die ganze Länge des Rostes erstreckenden Stellen zugeführt wird; die sich entwickelnden Gase werden dann entweder durch die an diesen Stellen entlang ziehenden Flammen der alten Brennmaterialschicht entzündet und verbrannt — vorgehende Flamme —, oder sie müssen zu diesem Zweck ihren Weg durch jene Schicht nehmen — einhüllende Flamme.

Bei der Feuerungseinrichtung von Heiser gelangt das frische Brennmaterial entweder in eine über der Mitte des Kofes gelegene oder zwei seitlich von demselben angebrachte, aus Mauerwerk hergestellte Kammern, deren Länge gleich der Koflänge ist. In diesen Kammern verliert das Brennmaterial den größten Theil seiner Gase und gleitet allmählich auf der geneigten Koffläche herab. Die Schlacke sammelt sich im tiefsten Punkt auf einem schmalen Planrost an und kann von hier durch besondere Schlackenthüren entfernt werden. Den aus den Kammern tretenden und an den benachbarten Flammen sich entzündenden Gasen wird aber an der Feuerbrücke noch erwärmte Luft zugeführt.

Aehnlich ist auch die Feuerungseinrichtung von Fränkel & Co.; doch findet bei derselben keine Zuführung sekundärer Luft statt.

Für Braunkohle und magere Steinkohle eignen sich beide Feuerungen recht gut; bei stark backender und schlackender Steinkohle hört aber das Nachrutschen auf, und ist dann das Rauchen nicht zu vermeiden.

Die Feuerungseinrichtung von Cario und Haage besitzt von der Mitte nach beiden Seiten hin abfallende Kofe; das frische Brennmaterial wird dem mittleren, erhöhten Theil des Kofes zugeführt. Diese Arbeit wird mittelst einer oben offenen Blechmulde, deren Länge gleich der Koflänge und deren vorderes Ende zugespitzt ist, vollzogen. Man führt die mit Brennmaterial gefüllte Mulde durch eine Oeffnung der Brustplatte auf dem Kamm des Kofes entlang in den Feuerraum und schiebt hierbei das alte Brennmaterial zur Seite; hierauf dreht man die Mulde um und zieht sie heraus. Das frische Brennmaterial bleibt dann auf dem Kamm des Kofes liegen. Die sich entwickelnden Gase gelangen durch die vorgehende Flamme der älteren Brennmaterialschicht zur Verbrennung; das gesammte Brennmaterial aber rutscht wieder auf den geneigten Kofen allmählich nach unten. Auch hier sind zur Entfernung der sich ansammelnden Schlacke besondere Schlackenthüren angebracht.

Weiter sind sowohl die Zuführungsthüren, wie die Schlackenthüren zweitheilig hergestellt und pendelnd aufgehangen. Hierdurch wird der Vortheil erzielt, daß diese Thüren nur so weit und solange geöffnet werden können, als unbedingt erforderlich ist, und daß demzufolge das Einströmen kalter Luft in den Feuerraum thunlichst beschränkt wird.

Auch mit dieser Einrichtung läßt sich gut eine rauchfreie Verbrennung erzielen; für stark backende Kohle ist sie indessen ebenfalls nicht geeignet. Insbesondere ihre Verwendbarkeit als Innenfeuerung für Flammenrohrkessel hat ihr viel Freunde erworben.

Der Vollständigkeit wegen ist endlich der Einrichtung des Franzosen Duméry zu gedenken, welcher den Planrost ebenfalls nach

der Mitte zu ansteigend herstellte und das aus seitlichen Schächten herabrutschende Brennmaterial durch je eine am Fuß des Schachtes hin und her schwingende Klappe von der Seite her auf den Kofst und unter die alte Brennmaterialschicht drückte. Zu einer allgemeineren Verwendung gelangte diese, mit einhüllender Flamme arbeitende Feuerungseinrichtung indessen nicht.

#### 4. Die Gasfeuerungen.

Bedarf es zur rauchfreien Verbrennung des stückförmigen Brennmaterials, wie die zuletzt besprochenen Feuerungseinrichtungen zeigten, recht sinnreicher Einrichtungen, so ist es dagegen einfach und leicht, gasförmige Brennmaterialien oder, kurzgesagt, Gase ohne Rauch zu verbrennen.

Das in den Leuchtgasfabriken durch Destillation der Kohle in Retorten erzeugte Gas wäre freilich für die Beheizung von Dampfkesseln zu theuer; es kann indessen ein billiges und geeignetes Gas auf folgende Weise erhalten werden:

In einem schachtförmigen, mit einem Planrost oder Treppenrost versehenen Ofen, der Generator (Gaserzeuger) genannt wird, entzündet man zunächst in gewöhnlicher Weise ein Feuer, sichtet hierauf die Kohle ungewöhnlich hoch auf dasselbe und unterhält diesen Zustand beständig. Die Flamme erstickt natürlich; die Verbrennung hört aber nicht auf. In unmittelbarer Nähe des Rostes verbrennt zwar das Brennmaterial unter Luftüberschuß noch zu Kohlenäure; dieselbe wandelt sich aber, wie bereits Seite 29 und 30 erläutert wurde, bei ihrer Berührung mit dem glühenden Brennmaterial wieder ziemlich vollständig in Kohlenoxydgas um. Die in der untersten Schicht entwickelte Wärme dient ausschließlich nur dazu, das in den höheren Schichten befindliche, kalte Brennmaterial zu erwärmen und zu entgasen, wobei sich, wie Seite 28 zeigte, neben Kohlenoxydgas eine Menge brennbare Gase und Dämpfe, sogenannte Kohlenwasserstoffe, entwickeln. Der Generator erzeugt also in der Hauptsache Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffe, mithin ein Gemisch von lauter brennbaren Gasen, welchem allerdings auch der in der zugeführten Luft enthaltene Stickstoff beigemischt ist.

In Figur 24\*) ist ein solcher Generator, deren meistens mehrere in einer Reihe liegen, dargestellt.

Die frische Kohle wird in den Fülltrichter *a* geworfen, dessen Deckel *b* für gewöhnlich in einen mit Wasser gefüllten Ring eintaucht und hierdurch dicht abgeschlossen ist; nach der Füllung des

\*) Nach Zeichnungen des Herrn Civilingenieur K. Schneider in Dresden.

Trichters dreht man die Klappe *c* mittelst des Hebels *d* herum, worauf die Kohle herab in den Generator *e* stürzt. Das entwickelte Gas steigt nach dem Sammelkanal *f* empor; von hier wird es durch den Gaskanal *g* nach den Verbrauchsorten geleitet.

Die Schlacke kann leicht von dem am Fuß des Generatorschachtes befindlichen, aus Quadrateisenstäben hergestellten Schlackenrost entfernt werden.

Es liegt auf der Hand, daß der Gang der Vergasung gestört wird, wenn nur stark bakende Kohle Verwendung findet; dieselbe backt zu zähen Klumpen zusammen, und die Gasentwicklung hört schließlich auf.

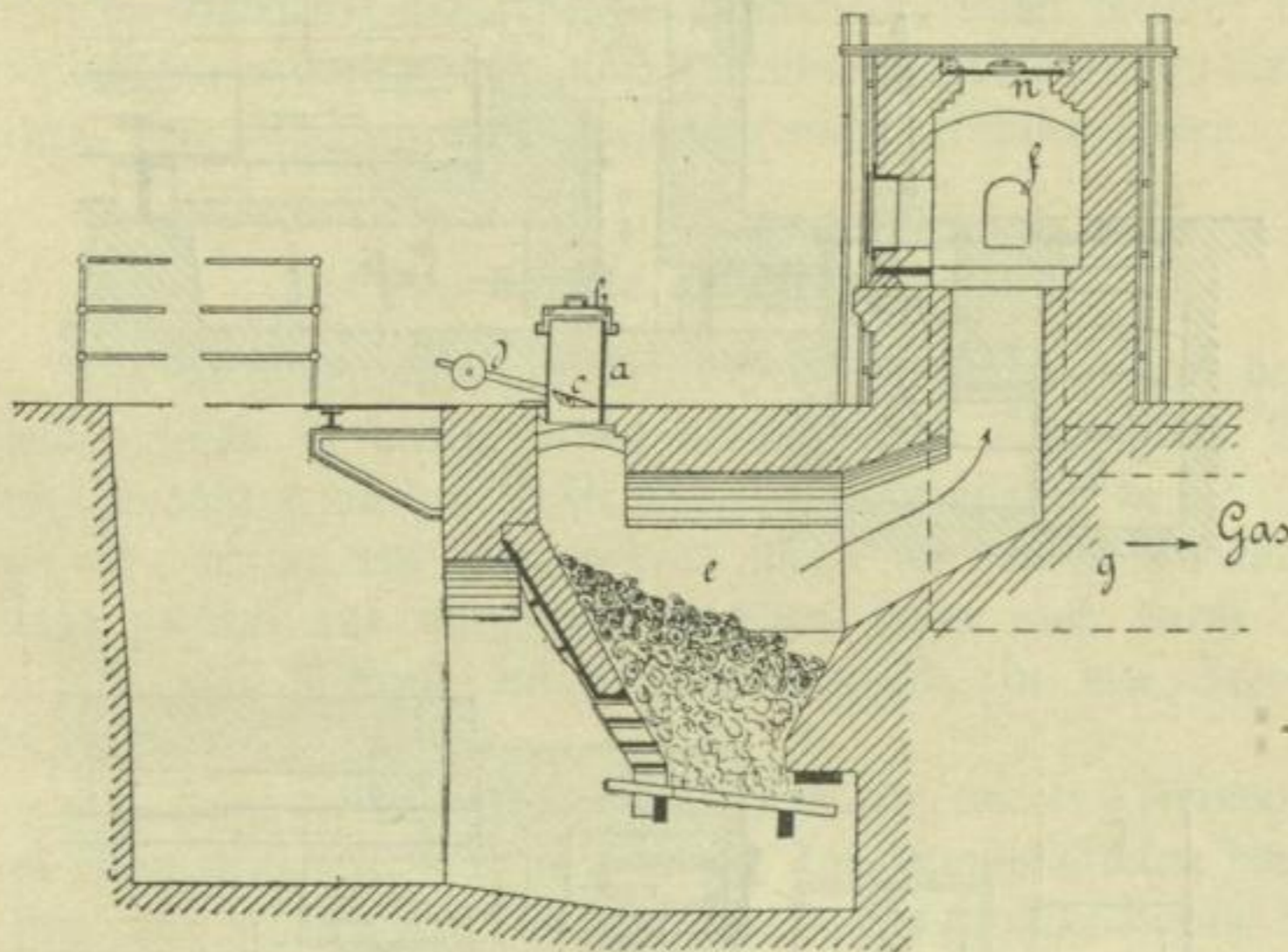


Fig. 24.

Wie weiter die Figuren 25\*) und 26\*) darstellen, liegt vor den Dampfkesseln ein Vertheilungskanal *h*; von diesem Kanal strömt das Gas, falls ihm dies nicht durch das Absperrventil *i* verwehrt wird, in die vor oder unter dem Kessel gelegene Verbrennungskammer *k*, in welche es durch eine Anzahl schmale Kanäle eintritt. Zwischen diesen Kanälen liegen andere, etwas längere Kanäle, welche die durch den Luftzuführungskanal *l* zugeleitete Luft einlassen.

Die Gasströme mischen sich nun mit den Luftströmen und verbrennen bei geringem Luftüberschuß mit hoher Temperatur und langer, in die Flammenrohre schlagender Flamme ohne jede Rauchentwicklung. Die Verbrennung wird geregelt durch das Gasventil und den im Fuchs befindlichen Schieber.

\*) Nach Zeichnungen des Herrn Civilingenieur K. Schneider in Dresden.

Es ist hinzuzufügen, daß das Ingangsetzen des Generators beträchtliche Zeit und überdies, ebenso wie das Entzünden der Flamme in der Verbrennungskammer, ziemlich Vorsicht erfordert, da sich leicht explodirbare Gemische von Gas und Luft bilden, deren Explosion erheblichen Schaden anrichten kann. In den Gaskanälen muß daher, damit nicht Luft eingesogen wird, stets etwas Ueberdruck herrschen;

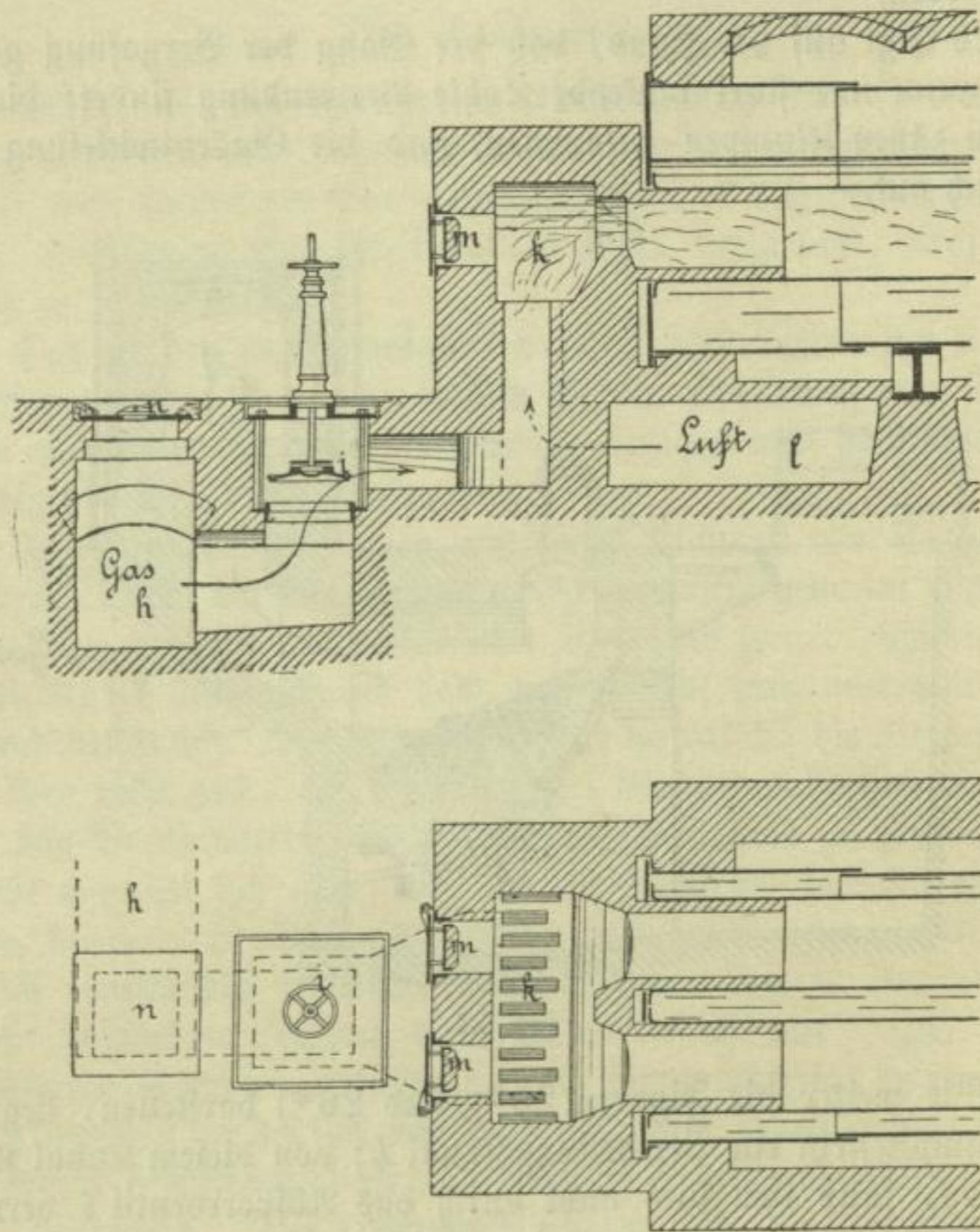


Fig. 25 und 26.

bei der Entzündung der Flamme, welche durch die Thüre *m* vorgenommen wird, ist aber stets zuerst die Luft und dann das Gas einzulassen. Zur Sicherheit sind übrigens die Hauptgaskanäle mit Sicherheitsdeckeln *n* versehen, welche lose aufliegen, mit Sand abgedichtet sind und im Falle einer Explosion sich abheben.

Es sind auch Gasfeuerungen hergestellt worden, bei welchen jeder Kessel seinen eigenen Generator besitzt, und dieser unmittelbar unter dem Kessel liegt; die Wärmeverluste werden hierdurch nicht



unwesentlich herabgezogen. Alle diese Einrichtungen haben sich indessen nicht einbürgern können; wohl aus dem Grunde, weil ihre Inangasetzung und Bedienung mehr Zeit und Sorgfalt erfordern, als die der gewöhnlichen rauchfreien Feuerungen, und die letzteren in ihrer Wirkung den Gasfeuerungen kaum nachstehen.

Mehrfach sind größere Dampfkesselanlagen mit Gasfeuerungen in Betrieb gesetzt worden und haben sich gut bewährt. Der hohe Preis und große Raumbedarf der Gasfeuerungen, sowie der Umstand, daß sich dieselben nur für Fabriken eignen, welche ohne Pausen, Tag und Nacht, arbeiten, sind indessen die Ursachen gewesen, daß diese Einrichtungen, abgesehen von einer größeren Anzahl in den Hüttenwerken im Betrieb befindlichen Dampfkesseln, unter welchen die aus den Hochöfen entweichenden, noch brennbaren Hochofengase verbrannt werden, eine allgemeinere Anwendung nicht gefunden haben.

### B. Die Feuerzüge.

Die im Feuerraum gebildeten Heizgase geben je nach der Lage desselben schon in diesem einen beträchtlichen Theil ihrer Wärme durch Strahlung an den Kessel ab; sie treten hierauf in die Feuerzüge ein, werden ein oder mehrere Male an den Kesselwandungen entlang geführt und schließlich, nachdem ihnen auch durch Leitung möglichst viel Wärme entzogen worden ist, in den Schornstein geleitet.

Die Züge bieten entweder den Heizgasen, wie das Flammenrohr eines Flammenrohrkessels, eine einzige Durchgangsöffnung dar; oder sie sind, wie bei den Heizröhrenkesseln, in eine größere Anzahl kleinere Kanäle getheilt. Immer sollen die Züge aber, wie Seite 49 erläutert wurde, einen genügend großen Querschnitt besitzen, damit die Geschwindigkeit der Heizgase eine mäßige bleibt.

Aber auch aus anderen Gründen sind enge Züge zu vermeiden.

Bei größeren Kesseln müssen die Züge genügend weit hergestellt werden, damit der Heizer sie befahren und sich von dem guten Zustande des Kessels und der Züge selbst überzeugen kann; unter 40 cm weite Züge sind aber nicht mehr befahrbar.

Im Betrieb setzt sich ferner auf den Kesselwandungen sehr bald eine Rußkruste an, und lagert sich an geeigneten Stellen Flugasche ab; sowohl der Ruß wie die Flugasche sind schlechte Wärmeleiter, welche der Wärmeabgabe der Heizgase an die Kesselwandungen hinderlich sind. Verengt oder verstopft sich aber ein Feuerzug durch Ruß und Flugasche, so wird auch die Bewegung der Heizgase in den Zügen gestört; es fehlt bald an der zur Verbrennung nöthigen Luft, und die

Verbrennung wird mangelhaft. Der Kessel und die Züge müssen daher von Zeit zu Zeit gründlich gereinigt werden.

Damit nun Ruß und Flugasche bequem beseitigt werden können, und eine Verengung oder Verstopfung der Züge nicht so rasch eintritt, dürfen die Züge ebenfalls nicht zu eng sein. Hiernach sind auch die Seitenzüge eines eingemauerten Kessels an ihrer schmalsten Stelle, also in der Höhe der Kesselmitte bei *a* (siehe Figur 27), niemals enger als 12 cm zu machen. Um ferner Raum für die Ablagerung der Flugasche zu gewinnen, empfiehlt es sich, die Sohle der Seitenkanäle in der aus Figur 27 ersichtlichen Weise zu vertiefen.

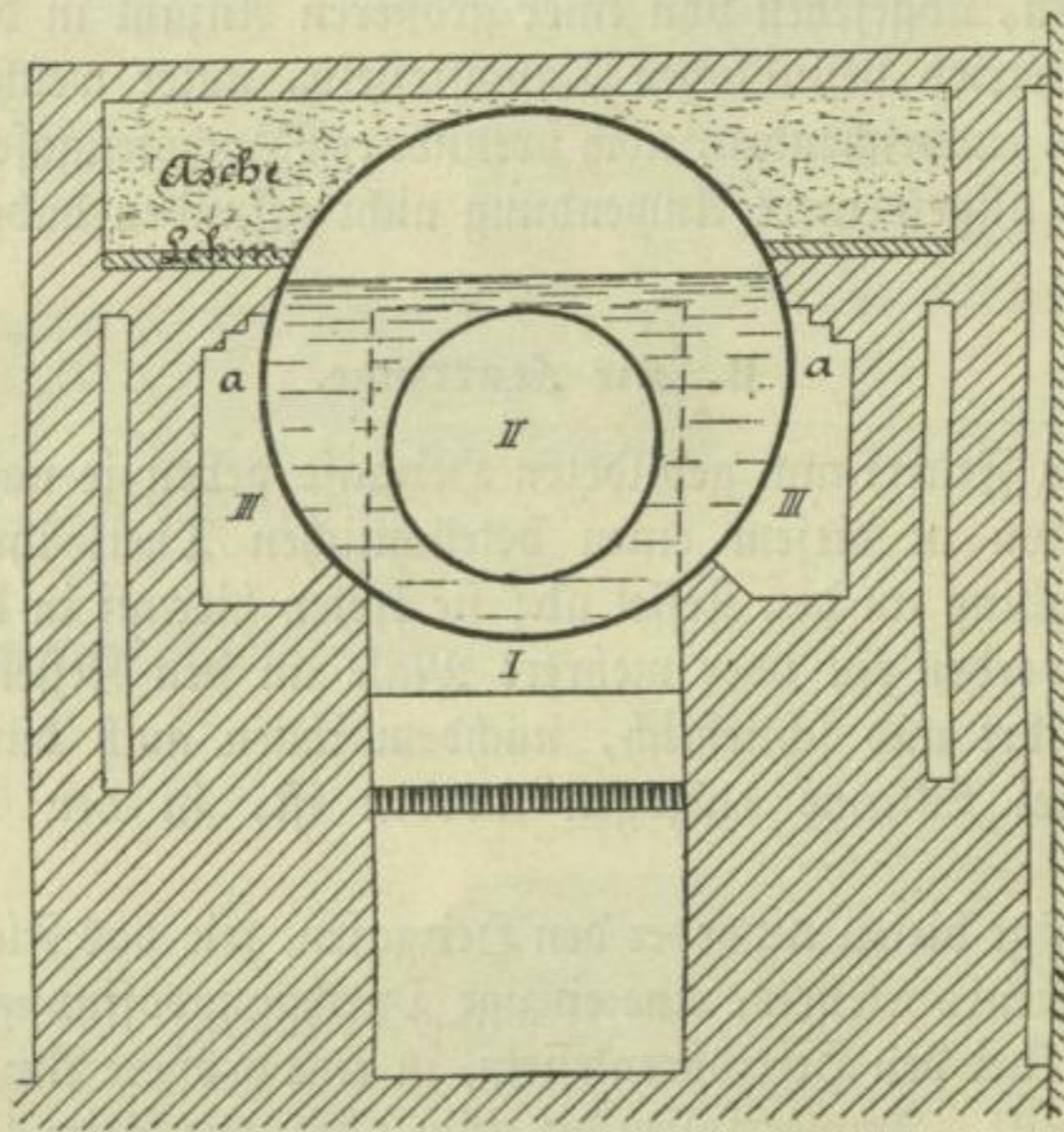


Fig. 27.

In engen Zügen ist endlich die Geschwindigkeit der Heizgase eine größere; dann stellt sich aber der Bewegung der Gase ein größerer Widerstand durch Reibung entgegen, und kann hierdurch die Luftzuführung beeinträchtigt werden.

Andererseits sind auch übermäßig weite Züge nicht zu empfehlen. Obgleich dann die Geschwindigkeit der Heizgase in den Zügen eine langsame ist, und die Heizgase längere Zeit mit dem Kessel in Berührung bleiben, treten doch zu wenige Theilchen des breiten Heizgasstromes an den Kessel selbst heran, und die Wärmeabgabe verzögert sich. Ueberdies wird bei Seitenzügen an das weit mehr Oberfläche darbietende Mauerwerk des Zuges sehr viel Wärme abgegeben, welche von diesem zum Theil nach außen geleitet, ausgestrahlt wird und auf diese Weise verloren geht.

Die Erfahrung lehrt nun, daß die Feuerzüge immer zweckmäßig bemessen sind, wenn dieselben mindestens denselben Querschnitt besitzen, wie ein der Anlage angemessener Schornstein an seiner Mündung; den gleichen Querschnitt muß natürlich auch ein Zug aufweisen, welcher entweder durch ein oder zwei Flammenrohre oder eine größere Anzahl von Heizröhren gebildet wird. Ueber den erforderlichen Querschnitt des Schornsteines an seiner Mündung werden aber noch Angaben bei Besprechung des letzteren zu folgen haben.

Da die Heizgase im heißesten Zustande einen wesentlich größeren Raum einnehmen, als in dem abgekühlten Zustande, in welchem sie in den Schornstein treten, so würde die Geschwindigkeit in den ersten Zügen, wenn alle Züge einen gleich großen Querschnitt besitzen, eine wesentlich größere sein, als in dem letzten Zuge; um dieselbe zu einer in allen Zügen nahezu gleichen zu machen, empfiehlt v. Reiche bei Anwendung dreier Züge, wie dieselbe meistens bei eingemauerten Kesseln gebräuchlich ist, den drei Zügen, vom Kofst ab gerechnet, ein Querschnittsverhältniß von 6 : 5 : 4 zu geben, wobei dann der letzte Zug wieder, wie oben bemerkt, den Schornsteinquerschnitt erhält.

Dieser letztere Querschnitt soll übrigens auch immer an der Feuerbrücke vorhanden sein; bei Flammenrohrkesseln mit Innenfeuerung ist dies allerdings nicht möglich, und muß man sich dann mit einem etwas geringeren Querschnitt begnügen.

Die aus Mauerwerk hergestellten Züge müssen sehr sorgfältig, mit dünnen Mörtelfugen hergestellt werden. Dicke Fugen sind zu verwerfen, weil sie im Betriebe zu Rissen Anlaß geben, durch welche Luft in die Züge einströmt. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man ein Licht an die Fugen hält; an rissigen, undichten Fugen wird die Flamme des Lichtes lebhaft eingezogen.

Die innere Schicht des ersten, von der Flamme durchzogenen Zuges ist, wie die des Feuerraumes, in feuerfesten Chamotteziegeln mit einem Mörtel aus Chamottmehl oder Thon und Sand herzustellen; zu den übrigen Zügen benutzt man gewöhnliche Ziegel, welche in mageren Lehm gesetzt werden.

Der obere Anschluß der Seitenzüge an den Kessel wurde früher oft in einem Viertelkreisbogen an den Kessel herangewölbt; dieses Verfahren ist indessen nicht zu empfehlen, weil die Mörtelfugen im Betriebe ausbrennen, und dann leicht ein Wölbstein aus dem Bogen herausrutscht und herunterfällt, was gewöhnlich den Einsturz eines Theiles des Gewölbes nach sich zieht. Besser ist es, den Zug in der Weise abzuschließen, daß man die Ziegelschichten durch Ueberfragung allmählich an den Kessel heranrücken läßt, wie dies in Figur 27 ersichtlich gemacht ist.

Die Höhe, bis zu welcher die Seitenzüge an dem Kessel heraufreichen, sowie auch die Lage der höchsten Punkte der von Kesselwandungen gebildeten Feuerzüge (Flammenrohr, Heizrohre, Feuerbüchse) haben sich nach der Linie des für den Kessel festgesetzten tiefsten Wasserstandes zu richten. Damit nämlich der Kessel nicht beschädigt wird, müssen die höchsten Stellen der äußerlich von den Flammen und den hochehitzten Feuergasen berührten Kesselwandungen in der Regel innerhalb des Kessels reichlich mit Wasser bedeckt sein; ein Herantreten der Feuergase an die innerlich vom Dampf berührten Kesselwandungen ist nur in besonderen Fällen statthaft.

Der senkrechte Abstand zwischen den höchsten Punkten der Feuerzüge und dem festgesetzten tiefsten Wasserstande soll nun nach gesetzlicher Vorschrift immer mindestens 10 cm betragen (vergleiche hierüber § 2 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen). Daß diese wichtige und nothwendige Bestimmung erfüllt ist, darüber hat der staatliche Aufsichtsbeamte (Gewerbeinspektor etc.) zu wachen, welcher, ehe der Kessel in Betrieb gesetzt werden darf, die Höhe der Feuerzüge und die an dem Kessel angebrachte Marke des tiefsten Wasserstandes nachmißt und kontrollirt. Damit dies möglich ist, sind nebenbei bemerkt in der Abdeckung der Seitenzüge eingemauerter Kessel einige Oeffnungen zu lassen, welche nach geschehener Nachmessung wieder zugesetzt werden. In welcher Höhe aber die Linie des tiefsten zulässigen Wasserstandes im Kessel anzunehmen ist, darüber werden im nächsten Abschnitt noch Mittheilungen folgen.

Das Herantreten der Feuergase an Kesselwandungen, welche innerlich nicht vom Wasser, sondern vom Dampf berührt werden, ist nur zulässig bei Kesseln, welche aus Siederöhren von weniger als 10 cm Weite bestehen, sowie bei Feuerzügen, in welchen ein Erglühen des mit dem Dampfraum in Berührung stehenden Theiles der Wandungen nicht mehr zu befürchten steht. Mit einer solchen Anordnung der Feuerzüge wird aber bezweckt, die gesammte Oberfläche des Kessels als Heizfläche nutzbar zu machen und insbesondere dem Dampfe noch Wärme zuzuführen, damit auch die in dem letzteren noch schwebenden Wasserperlen in Dampf verwandelt werden, und derselbe als ganz reiner oder, wie man sagt, trockener Dampf den Kessel verläßt.

Mit der Anwendung dieses Verfahrens auf Kessel, welche aus engen Siederöhren bestehen, sind Gefahren nicht verbunden; bedenklicher ist dasselbe bei Kesseln mit großem Durchmesser. Eine der üblichsten Einrichtungen dieser Art ist aus Figur 28 ersichtlich; bei derselben durchziehen die auf dem Roste gebildeten Heizgase zuerst die Flammenrohre I, bestreichen dann die untere Hälfte des Kessels durch den Zug II von hinten nach vorn und werden zuletzt im Zuge III über

den Kessel weg nach hinten und in den Schornstein geführt. Man nennt den Zug III einen Oberzug und einen solchen Kessel einen mit einem Oberzug versehenen oder kurz Oberzugkessel.

Natürlich darf ein solcher Kessel nicht durch den Betrieb beschädigt werden, was der Fall sein würde, wenn die den Dampfraum des Kessels umspülenden Feuergase zu heiß wären. Das Gesetz gestattet eine solche Anordnung nur unter der Bedingung, daß die Heizgase erst an die innerlich vom Dampf berührten Kesselwandungen herantreten, wenn sie vorher eine vom Wasser berührte Heizfläche bestrichen haben, welche bei natürlichem (durch einen Schornstein erzeugten) Zug mindestens 20 mal, bei künstlichem Luftzug mindestens 40 mal so groß ist, als die Koflfläche.

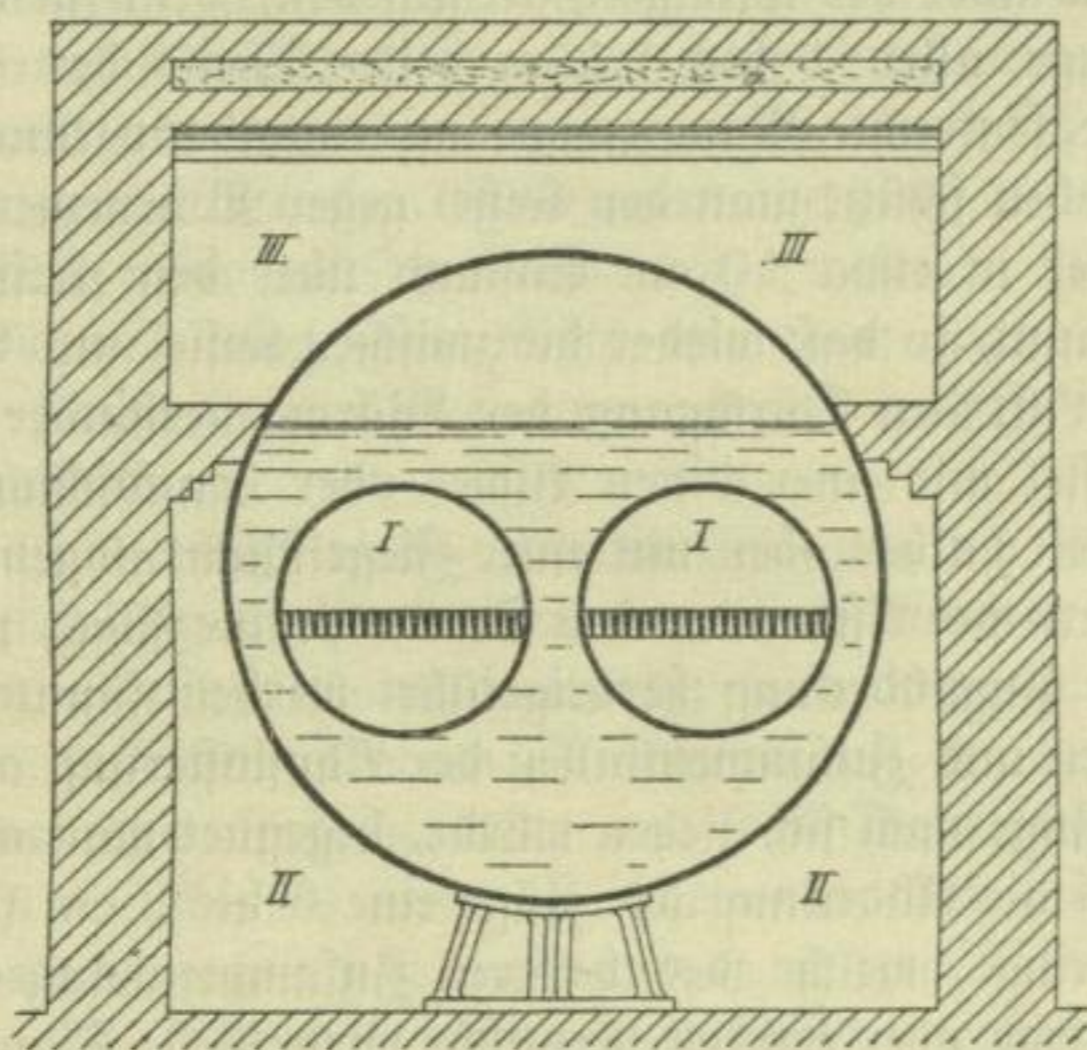


Fig. 28.

Gegen den Oberzug lassen sich verschiedene Bedenken geltend machen:

Daß derartige Kessel nicht ganz ungeschädigt sind, beweist ein Fall, bei welchem in Folge schadhaft gewordener Einmauerung die aus den Flammenrohren unmittelbar in den Oberzug eintretende Flamme den Kessel derart beschädigte, daß er explodirte.

Weiter bedeckt sich der im Oberzug gelegene Theil des Kessels im Betriebe sehr rasch mit Flugasche und Ruß, also schlechten Wärmeleitern, welche die Wärmeabgabe an den Dampfinhalt des Kessels nahezu ganz aufheben.

Endlich nimmt das über dem Kessel befindliche, den Oberzug begrenzende Mauerwerk eine nicht unbeträchtliche Menge Wärme auf und strahlt dieselbe an die Luft des Kesselhauses aus, so daß die

Heizgase, ohne den gewünschten Nutzen geleistet zu haben, kühler in den Schornstein eintreten, als wenn sie den Oberzug nicht durchzogen hätten.

Alle diese Umstände sprechen gegen die Anwendung des Oberzuges. Nützlich hat sich der Oberzug nur dann erwiesen, wenn in denselben Speisewasservorwärmer und Dampfüberhitzer gelegt wurden.

Damit die Wärmeverluste möglichst geringe werden, empfiehlt es sich, das seitliche Mauerwerk des Kessels mit Luftschichten zu unterbrechen, welche, da die Luft ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, den Durchgang der Wärme nach außen sehr wirksam verhindern. Das den Feuerraum und die Seitenzüge einschließende Mauerwerk erhält zu diesem Zwecke, wie in Figur 27 ersichtlich, etwa 8 cm weite, geschlossene Zwischenräume; den hierbei entstehenden, dünneren Wänden wird aber der nöthige Halt gegeben, wenn in der Richtung der Kessellänge aller 1 bis 1,5 m beide Theile der Seitenwände durch schmale, senkrechte Mauerzungen mit einander verbunden werden.

Nach oben schützt man den Kessel gegen Wärmeverluste, indem man entweder in etwa 10 cm Abstand über dem Kesselmantel ein Gewölbe spannt, so daß wieder die zwischen Kessel und Gewölbe eingeschlossene Luft den Durchgang der Wärme verhindert; oder man deckt den Kessel mit einer dicken Asche- oder Sandschicht zu, welche der Sauberkeit halber oben mit einer Ziegelschicht abgeplastert wird. Dem Einsickern der Asche oder des Sandes in die Züge, welches durch Risse in der Zugabdeckung herbeigeführt werden könnte und neben dem Einsinken und Zusammenfallen der Abplasterung auch ein Verstopfen der Züge nach sich ziehen würde, begegnet man aber dadurch, daß man auf die Abdeckung der Züge eine 6 bis 8 cm starke Schicht von Lehm bringt, welche des besseren Zusammenhanges wegen mit gehacktem Stroh oder Häcksel vermischt wird (siehe Figur 27).

Es ist endlich zu erwähnen, daß man die Züge einer Kessel-einmauerung seitlich oder an den Enden mit verschließbaren Oeffnungen versehen muß, um die Züge bequem von Asche und Ruß reinigen zu können; man setzt gewöhnlich gußeiserne Rahmen in das Mauerwerk und verschließt die Oeffnungen durch gußeiserne Deckel.

Die eingemauerten, meistens liegenden Kessel bedürfen einer sicheren Lagerung.

Kleinere und mittlere Kessel läßt man, wie aus Figur 27 ersichtlich, auf Mauerzungen aufruhem, welche mindestens 15 cm breit sein müssen; größere Kessel aber erhalten an den Kesselmantel angenietetete, meistens gußeiserne, starke Tragwinkel, welche sich mit breiten Flächen auf das über den Seitenzügen befindliche Kesselmauerwerk auflegen. Wird der unter dem Kessel liegende Zug nicht von der Flamme oder sehr heißen Gasen durchzogen, so kann der

Kessel auch auf gußeisernen Kästen aufgelagert werden, wie dies in Figur 28 auf Seite 117 dargestellt ist. Diese Kästen werden in Abständen von 2 bis 3 m auf die Sohle des Zuges gestellt; man darf sie aber mit dem Kessel nicht fest verbinden, damit sich der letztere frei ausdehnen und auf den Kästen verschieben kann.

Im Uebrigen ist bei der Lagerung eines einzumauernden Kessels zu beachten, daß man demselben eine schwache Neigung zu geben hat, welche verhindert, daß der sich aus dem Wasser absetzende, schwerere Schlamm und Kesselstein auf diejenigen Kesselstellen abgelagert, welche äußerlich von den Flammen getroffen werden; unterläßt man dies, so brennt der Schlamm und Kesselstein auf den Feuerplatten fest, und werden die letzteren dann durch die Flamme leicht beschädigt. Cylinderkessel und Flammenrohrkessel mit unter dem vorderen Kessellende liegender Feuerung werden daher mit dem hinteren Ende stets etwas tiefer gelegt, damit sich der Schlamm nach hinten zieht. Hierbei erzielt man überdies den Vortheil, daß der Kessel beim Ablassen sich vollständiger entleert. Es genügt, auf jeden Meter Kessellänge den Kessel um etwa einen Centimeter zu senken; bei kurzen Kesseln nimmt man etwas mehr Neigung und bei langen etwas weniger.

Das Mauerwerk eines Dampfkessels nimmt mit der Zeit in Folge der häufigen Erhitzung einen größeren Raum ein, es treibt oder wächst; damit hierdurch weder der Kessel noch die Umfassungsmauern des Kesselhauses einen Druck erfahren, verlangt das Gesetz, daß zwischen dem Kesselgemäuer und den Umfassungswänden des Kesselhauses allseitig ein freier Zwischenraum von mindestens 8 cm verbleibt (vergleiche § 15 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen und Figur 27). Damit nicht Gegenstände, Handwerkszeug &c., in diesen Zwischenraum fallen können, aus welchem sie nur mühsam wieder herauszuholen sind, deckt man den Raum oben ab.

Um das Mauerwerk zusammen zu halten, versteht man endlich größere eingemauerte Kessel mit zahlreichen Verankerungen; d. h. man legt äußerlich auf die senkrechten Flächen des Kesselmauerwerkes eine Anzahl eiserne Schienen, welche durch in das Gemäuer eingelegte Eisenanker mit einander verbunden werden.

Freiliegende Kesseltheile, wie den vorderen Boden der mit Innenfeuerung versehenen Flammenrohrkessel, die Dampfdome der Kessel, ferner die Wandungen nicht eingemauerter Kessel, wie z. B. die der Lokomotiven, muß man ebenfalls gegen Abkühlung und Wärmeverluste schützen. Man bedeckt diese Kesselflächen oft mit 3 bis 4 cm starkem Filz, über welchen man des glatten Aussehens und der längeren Haltbarkeit halber eine Holz- oder Blechverkleidung an-

bringt. Auch in die Form von Platten oder runder Schalen gebrachte Korkmasse, mit welcher die Kesselwandungen belegt werden, ferner Schlackenwolle, Seidenabfälle und andere Stoffe verwendet man mit Vortheil als Wärmeschutzmittel.

Ein recht schönes Aussehen und Haltbarkeit besitzen die Ueberzüge mit Wärmeschutzmasse, welche in knetbarem Zustande auf die Kesselflächen aufgetragen werden; als solche sind zu nennen die Leroy'sche, die Grünzweig & Hartmann'sche Masse u. a., welche alle im Handel zu haben sind; man rührt sie zu einem zähen Brei an, und streicht auf den womöglich etwas erwärmten Kesseltheil mit den Händen eine 1 bis 2 cm starke Schicht auf, die man trocknen läßt, worauf man eine neue Schicht aufträgt und dies fortsetzt, bis die ganze Schicht etwa 5 cm stark ist und nun sauber abgeputzt wird\*).

Auch Dampfrohre versteht man mit solchen Umhüllungen; recht gute Dienste leisten übrigens schon um die Rohre gewickelte Strohfleile, welche mit Lehm bestrichen werden.

Bei eingemauerten, feststehenden Kesseln durchziehen die Heizgase, nachdem sie den Kessel verlassen haben, zunächst einen kurzen Kanal, welchen man den Fuchs nennt. In diesen Kanal wird in der Regel der Essenschieber eingebaut; es ist dies eine einfache, eiserne Platte, welche sich in einem eingemauerten Rahmen bewegt. Die Größe der Durchgangsöffnung des Fuchses und des Schiebers soll so groß sein, wie die eines dem Kessel angemessenen Schornsteines an seiner Mündung.

Der Schieber ist gewöhnlich an einer Kette aufgehangen, welche über einige am Dachgebälke des Kesselhauses befestigte Rollen läuft, nach dem Heizerstande vor dem Dampfkessel führt und dort mit einem der Schwere des Schiebers entsprechenden Gegengewicht belastet ist; das letztere hat den Zweck, dem Schieber das Gleichgewicht zu halten, damit derselbe in jeder Stellung von selbst stehen bleibt. Der Heizer hat stets darauf zu sehen, daß der Schieber leicht beweglich ist.

Durch das Heben und Senken der Schieberplatte wird die Durchgangsöffnung des Schiebers erweitert oder verengt, und kann hierdurch die Zugkraft des Schornsteines nach Belieben voll oder in vermindertem Maße zur Wirkung gebracht werden.

\*) Eine gute derartige Masse erhält man nach Weinlig auf folgende Weise: „Man nehme 100 kg Thon, kumpfe ihn gehörig mit Wasser ein, gebe 100 kg feine Asche hinzu, knete sie durcheinander und vermische sie mit 1 kg Haaren (Kälber-, Kuh- oder Schweinshaare). Ist das Gemenge gut durchgearbeitet, so lasse man es stehen und mische zu dem Ganzen erst kurz vor dem Gebrauche 100 kg feinen Gyps. Das Gemisch bindet bald ab und darf deshalb höchstens 12 Stunden stehen.“



Die nicht eingemauerten, feststehenden Kessel werden mit dem Schornstein oft durch ein Blechrohr verbunden; man bringt dann in diesem, gewöhnlich kreisförmigen Rohre eine drehbare Klappe an, durch deren Stellung der Zug geregelt wird.

### C. Der Schornstein und die künstliche Zugerzeugung.

Die Heizgase treten schließlich in den Schornstein und werden von diesem in höhere Luftschichten geführt, welche die Gase mit sich nehmen.

Damit die Gase Niemand lästig fallen, ist in Dresden für die Schornsteine der Dampfkessel eine Höhe von mindestens 17 m, in Berlin eine solche von mindestens 19 m vorgeschrieben.

Wie sich Seite 55 zeigte, hängt die Zugkraft des Schornsteines von der Menge und der Temperatur der in demselben eingeschlossenen Heizgase ab. Es könnte nun vermuthet werden, daß bei gleichem Rauminhalt des Schornsteines und bei gleicher Temperatur der Heizgase ein sehr weiter und niedriger Schornstein eben so gut sei, wie ein sehr enger und hoher. Neben auch die beiden Schornsteine die erforderliche Zugkraft aus, so ist doch keiner derselben zu gebrauchen.

In dem weiten Schornstein steigen die Heizgase sehr langsam empor; die Folge ist, daß schon ein mäßiger, über die Schornsteinmündung streichender Wind den Gasen den Austritt zu verwehren und den Zug zu stören im Stande ist. Der enge und hohe Schornstein steht dagegen nicht fest genug und wird leicht vom Winde umgeworfen.

Es ist daher nothwendig, daß zwischen Höhe und Weite eines Schornsteines bestimmte Verhältnisse eingehalten werden; bei mittleren Schornsteinen soll die Höhe wenigstens 25 mal, bei außergewöhnlich großen Schornsteinen dagegen höchstens 50 mal so groß sein, als die Weite an der Mündung.

Im Uebrigen erhält man aber einen zweckmäßigen Schornstein, wenn man die Weite an der Mündung so groß nimmt, daß die Querschnittsfläche daselbst bei Steinkohlenfeuerung und einer Schornsteinhöhe von

16 bis 25 m  $\frac{1}{4}$  der Kofstfläche

25 " 36 "  $\frac{1}{5}$  " "

über 36 "  $\frac{1}{6}$  " "

beträgt. Bei Feuerungen mit klarer Braunkohle genügt  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{3}{4}$  dieses Querschnittes.

Bei Errichtung eines neuen Schornsteines wird man immer gut thun, alle Maße etwas reichlich zu nehmen, um auch bei später nothwendig werdenden Betriebsvergrößerungen noch genug Zugkraft zu besitzen.

Werden mehrere Kessel mit einem gemeinschaftlichen Schornstein versehen, so sind die Kostflächen derselben zu addiren, und ist dann die Schornsteinmündung aus der erhaltenen Summe zu bestimmen. Gewöhnlich münden die Füchse solcher Kessel in einen gemeinschaftlichen Sammelkanal, welcher die Gase nach dem Schornstein führt; auch dieser Sammelkanal erhält einen Querschnitt, welcher dem eines aus der Summe der Kostflächen berechneten Schornsteines wenigstens gleich sein muß; die Züge jedes einzelnen Kessels bemißt man natürlich nach dem Querschnitt eines Schornsteines, welcher dem einzelnen Kessel entsprechen würde, nicht nach dem des gemeinschaftlichen Schornsteines.

Meistens erhalten die Schornsteine von unten bis oben gleiche Weite; noch besser ist es, sie unten um etwa  $\frac{1}{4}$  weiter zu machen.

Der untere Theil der aus Mauerwerk hergestellten Schornsteine wird Sockel genannt und erhält eine quadratische Form; seine Höhe beträgt gewöhnlich  $\frac{1}{4}$  der gesammten Höhe. Der übrige Theil, Schaft genannt, wird entweder rund, achteckig oder auch quadratisch gestaltet. Der runde Schaft ist der theuerste, aber beste, weil er dem Sturme am besten Widerstand leistet; der quadratische ist der billigste, aber vom Sturm am meisten gefährdeste; der achteckige hält zwischen diesen beiden die Mitte. Der oberste Theil des Schornsteines wird meistens des gefälligeren Aussehens wegen mit einer Verstärkung, einem Kopfe versehen.

Die Mauerstärken, welche von oben nach unten zuzunehmen haben, richten sich nach der Höhe und Weite des Schornsteines und müssen so gewählt werden, daß der Schornstein eine genügende Standfestigkeit erhält. Die Ermittlung dieser Maße erfordert eingehende mathematische Kenntnisse, und ist daher von derselben abzusehen.\*)

Bei schlechtem Baugrund und wenn es sich darum handelt, eine Anlage recht schnell herzustellen, fertigt man den Schornstein aus 4 bis 6 mm starkem Eisenblech an. Dieses Blechrohr wird auf ein gemauertes Fundament aufgeschraubt und wohl auch durch Drahtseile, die von dem oberen Theil des Schornsteines schräg nach

\*) Der größte Schornstein Deutschlands befindet sich auf den königlichen Schmelzhütten zu Halsbrücke bei Freiberg; er besitzt eine Höhe von 140,0 m und an seiner oberen Mündung eine Weite von 2,5 m.

dem Erdboden herabführen und dort befestigt sind, gegen das Umstürzen gesichert.

In einem solchen eisernen Schornstein fühlen sich natürlich die Heizgase in Folge ihrer Wärmeabgabe an die Schornsteinwand und nach außen bei der guten Wärmeleitungsfähigkeit des Eisens weit mehr ab, als in einem gemauerten, wodurch die Zugkraft des Schornsteines Einbuße erleidet. Dann kostet auch der eiserne Schornstein, sobald es sich nicht um eine kleinere Anlage handelt, meistens etwas mehr, als der gemauerte. Endlich zerfrißt der Rost den eisernen Schornstein ziemlich rasch, während ein gemauerter Schornstein Jahrhunderte alt wird. Aus allen diesen Gründen ist dem gemauerten Schornstein der Vorzug zu geben.

Bei gewissen Dampfkesselarten, wie den Lokomotiv-, Lokomobilkesseln und zuweilen auch den Schiffskesseln muß der Schornstein leicht und niedrig sein; solche Schornsteine sind aber nicht im Stande, auf natürliche Weise die für den Betrieb des Kessels erforderliche Zugkraft zu erzeugen. Man ist dann gezwungen, sich künstlicher Hilfsmittel zu bedienen, um die erforderliche Zugkraft zu gewinnen; es werden hierzu entweder Blaseröhre, Dampfstrahlgebläse oder Ventilatoren benutzt.

Bei den Lokomotiven bedient man sich der sogenannten Blaseröhreinrichtung, welche in Figur 29 (nächste Seite) dargestellt ist; bei derselben wird der von der Maschine verbrauchte Dampf für den in Frage stehenden Zweck nutzbar gemacht.

Von den beiden Dampfzylindern *a* der Maschine wird der abgehende Dampf durch je ein Rohr *b* in die dicht abgeschlossene Rauchkammer des Lokomotivkessels geführt, in welche seitlich die Heizröhren münden. Beide Röhre *b* vereinigen sich in dem senkrechten Mundstück *c*, welches unter dem Schornstein steht, und dessen Mündung durch Heben oder Senken eines vom Führerstande aus durch Zugstangen und Hebel in Bewegung gesetzten Einsatzstückes verengt oder erweitert werden kann. Der aus dem Mundstück mit großer Geschwindigkeit ausströmende Dampfstrahl reißt nun an seinem Umfange die in der Rauchkammer befindlichen Heizgase kräftig mit sich fort und zum Schornstein hinaus, wodurch auch die in den Heizröhren befindlichen Gase nachgesogen werden, und ein sehr lebhafter Zug erzeugt wird. Je nach der Stellung des Mundstückes läßt sich die Geschwindigkeit des Dampfstrahles verstärken oder mäßigen und auf diese Weise der Zug regeln.

Die Lokomobilkessel besitzen meistens die gleiche Einrichtung; doch fehlt gewöhnlich die Stellvorrichtung am Mundstück des Blaserohres.

Zum Anfachen des Feuers während des Stillstandes der Lokomotiven benutzt man ferner eine Einrichtung, welche in gleicher Weise, wie das Blaserohr, wirkt. Ein dünnes Kupferrohr ist im unteren Theil des Schornsteins nach dessen Mitte geführt und endigt dort in einer senkrecht nach oben gerichteten Zuspitzung. Läßt man in dieses Rohr Dampf aus dem Kessel eintreten, so erzeugt der aus der Mündung des Rohres austretende Dampfstrahl ebenfalls einen ziemlich kräftigen Zug. Man nennt eine solche Einrichtung einen Puster.

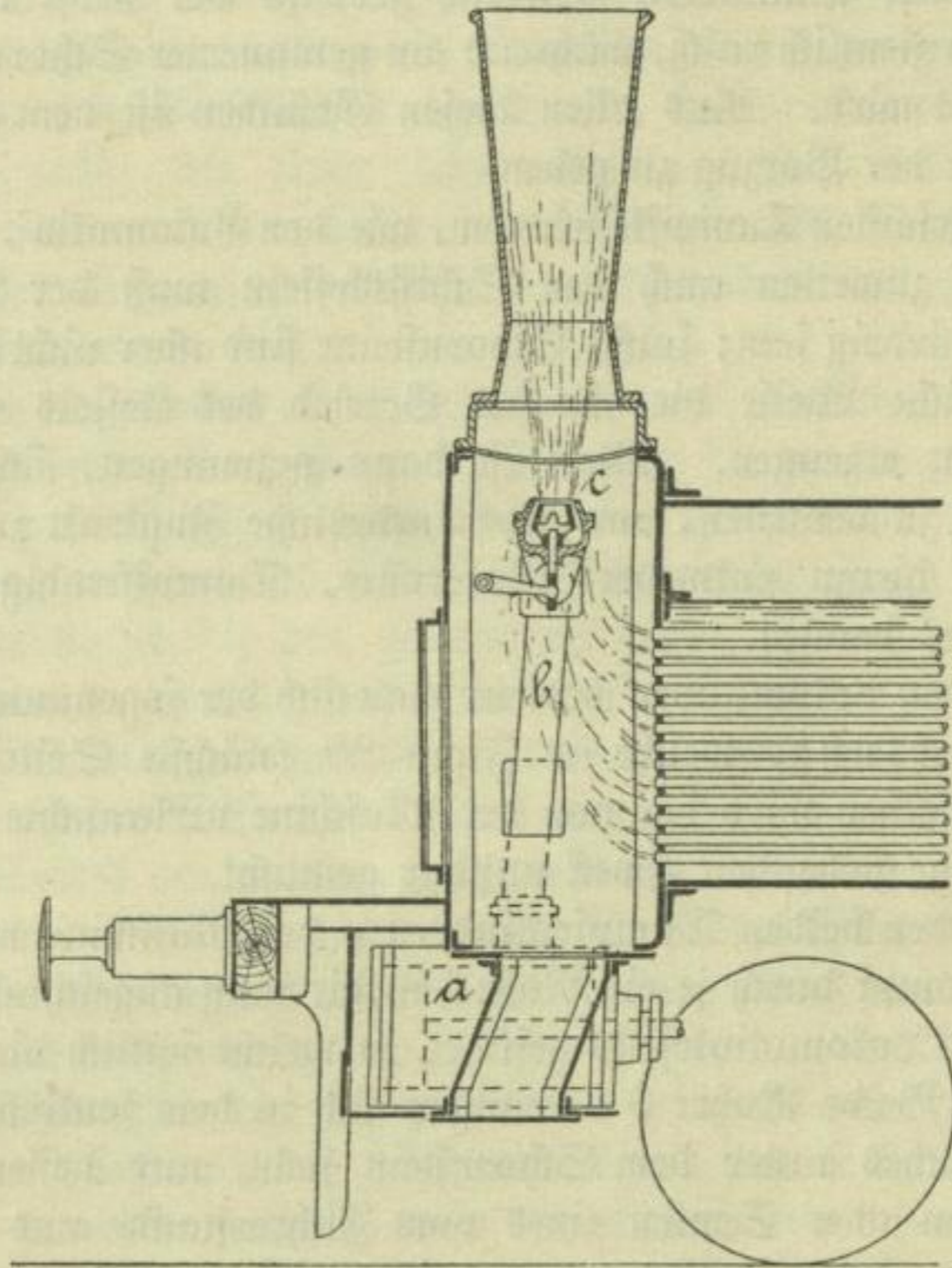


Fig. 29.

Es sind weiter besondere, auf der Wirkung des Blaserohres beruhende Einrichtungen zu erwähnen, bei welchen also auch wieder ein Dampfstrahl zur Erzeugung eines kräftigen Zuges benutzt wird. Man verschließt entweder den Aschenfall dicht und bläst mittelst einer solchen, Dampfstrahlgebläse genannten Vorrichtung einen Luftstrom in den Aschenfall hinein und durch den Kofst hindurch; oder man stellt die Vorrichtung in den niedrigen Schornstein und läßt dieselbe die aus den Zügen kommenden Heizgase ansaugen und im Schornsteine emporblasen. Solche Dampfstrahlgebläse werden vorzugsweise von der Firma Gebr. Körting in Hannover erbaut.

Bei den Schiffskesseln erzielt man vielfach stärkeren Zug und eine vermehrte Verbrennung und Verdampfung dadurch, daß man entweder in dem Schornstein bewegte Flügelrad-Ventilatoren, welche den Zug verstärken, anbringt; oder daß man den Aschenraum abschließt und in denselben Luft einbläst, oder endlich gleich dem dicht abgeschlossenen Kesselraum Luft zuführt, welche mit einem gewissen Ueberdruck in die Feuerungen der Kessel eindringt.

Sowohl die Dampfstrahlgebläse, welche mit frischem Kessel-dampfe betrieben werden, als auch die Ventilatoren, zu deren Betrieb Dampfkraft erforderlich ist, verursachen recht erhebliche Betriebskosten; für feststehende Anlagen ist daher stets ein gewöhnlicher Schornstein, der die ausgenutzten Heizgase in größere Höhen befördert, und dessen Betrieb nichts kostet, vorzuziehen.



## Siebenter Abschnitt.

### Die wichtigsten Bauarten der Dampfkessel.

Inhalt: Die an einen Dampfkessel zu stellenden Anforderungen: Reichliche Dampfsentwicklung; gleichmäßiger Dampfdruck; Reinheit (Trockenheit) des erzeugten Dampfes; rasches und billiges Anheizen; Sicherheit gegen Explosionsgefahren; bequeme Reinigung des Kessels; mäßiges Gewicht und geringer Raumbedarf; leichte Herstellbarkeit und Billigkeit. — A. Die feststehenden Dampfkessel: 1. Der Walzen- oder Cylinderkessel. 2. Der Siederohrkessel. 3. Der Flammeurohrkessel. 4. Der Heizröhrenkessel. 5. Der zusammengesetzte Kessel. 6. Der Wasserröhrenkessel. — B. Die halb beweglichen Dampfkessel: 1. Der Feuerbüchsenkessel mit Siederöhren. 2. Der Feuerbüchsenkessel mit Heizröhren. — C. Die beweglichen Dampfkessel: 1. Der Lokomotivkessel. 2. Der Lokomobilkessel. 3. Der Schiffskessel.

Betrachtet man die große Fülle der Dampfkesselarten, welche im gewerblichen Leben benutzt werden, so erstaunt man über die außerordentliche Verschiedenheit ihrer Formen; und doch ist der Endzweck aller dieser Einrichtungen immer der gleiche, nämlich der, Dampf zu erzeugen.

Ein Hauptunterschied in der Gestalt der Dampfkessel macht sich zunächst schon bemerkbar, wenn man sein Augenmerk darauf richtet, ob der Kessel ein feststehender oder ein beweglicher ist; aber auch innerhalb der beiden aus diesem Gesichtspunkt sich ergebenden Hauptgruppen treten so grundverschiedene Formen zu Tage, daß man das Vorhandensein tiefergehender Gründe annehmen muß, um sich die Vielgestaltigkeit der Kesselarten zu erklären.

Forscht man nun diesen Gründen nach, um sich in dem anscheinend wirren Durcheinander zurecht zu finden, so zeigt sich sehr bald, daß die große Verschiedenheit der Form außer in den besonderen Zwecken, welchen die Dampfkessel zu dienen haben, in den verschiedenartigen Anforderungen, welche man sowohl an die Dampfkessel im Allgemeinen, als auch an den erzeugten Dampf stellt, ihre

Ursache hat; diese Anforderungen lassen sich in die folgenden Punkte zusammenfassen:

1. Jeder Dampfkessel soll, eine gute Ausnutzung der Wärme des Brennmaterials vorausgesetzt, recht reichlich Dampf entwickeln; d. h. jeder Quadratmeter der Heizfläche des Kessels soll möglichst viele kg Wasser in der Stunde verdampfen; zu diesem Zwecke ist es nothwendig, für eine rasche Abgabe der Wärme seitens der Heizgase an die Kesselwandungen (Herstellung möglichst wirbelnder oder wiederholt senkrecht aufstoßender Bewegung der Heizgase, Theilung des Heizgasstromes in sehr viele Theile) und auch für eine rasche Wärmeabgabe seitens der Kesselwandungen an das Wasser (Herbeiführung eines kräftigen Umlaufes des letzteren) Sorge zu tragen.

2. Der Kessel soll auch bei ungleichmäßigem Dampfverbrauch immer Dampf von gleich hohem Druck liefern; dies ist in erhöhtem Maße erforderlich, wenn der erzeugte Dampf zum Betriebe von Maschinen verwendet wird, da die letzteren, gleiche Leistung vorausgesetzt, bei geringerem Dampfdruck wesentlich mehr Dampf verbrauchen und unvortheilhafter arbeiten, als bei hohem Druck.

Dem Sinken des Dampfdruckes kann nun zwar bei plötzlich eintretendem stärkeren Dampfverbrauch mit mehr oder weniger Erfolg durch Verstärkung des Feuers begegnet werden. Doch reicht dieses Mittel allein meistens nicht aus; es muß vielmehr durch die Seite 14 geschilderte und als Sättigung des Dampfes bezeichnete Erscheinung unterstützt werden; ja es wird bisweilen von diesem Vorgang in der Wirkung weit übertroffen. Je mehr nämlich ein Kessel im Verhältniß zu seiner Heizfläche Wasser enthält, um so größere Dampfmenge werden sich in demselben bei einer durch Dampfentnahme veranlaßten Druckabnahme entwickeln, und um so weniger wird sein Druck sinken; die Menge des im Kessel enthaltenen Dampfes oder die Größe des Dampfraumes des Kessels ist dagegen auf die Erhaltung des Dampfdruckes einflußlos, und eine etwaige, zu diesem Zwecke vorgenommene Vergrößerung des Dampfraumes wäre völlig verkehrt und sinnlos, wie sich aus der folgenden Betrachtung ergibt:

Ein Kessel enthalte 2 Kubikmeter Dampf und 3 Kubikmeter Wasser und stehe unter einem Dampfdruck von 5 Atmosphären Ueberdruck. Dann wiegt der im Kessel enthaltene Dampf, da nach der Tabelle Seite 13 ein Kubikmeter desselben ein Gewicht von 3,16 kg besitzt, 6,32 kg, das Wasser des Kessels dagegen annähernd 3000 kg. Die im Dampf enthaltene Wärmemenge beträgt, da nach der Tabelle ein kg desselben 654,7 Wärmeeinheiten in sich birgt,  $6,32 \times 654,7 = 4138$  Wärmeeinheiten, die im Wasser auf-

gespeicherte dagegen, da ein kg derselben bei der im Kessel herrschenden Temperatur von  $157,9^{\circ}\text{C}$  (vergleiche die Tabelle Seite 12) annähernd 157,9 Wärmeeinheiten enthält,  $3000 \times 157,9 = 473\,700$  Wärmeeinheiten.

Es ist nun einleuchtend, daß selbst die mehrmalige Entleerung des Dampfraumes, welche der jedesmaligen Entziehung einer Wärmemenge von 4138 Wärmeeinheiten entsprechen und auch ohne die Einwirkung des Feuers eine Neubildung von Dampf aus dem erhitzten Wasserinhalt des Kessels hervorrufen würde, das letztere doch nicht merklich abkühlt und keine wesentliche Verminderung des Dampfdruckes nach sich zieht.

Umgekehrt wird aber auch im Falle einer Stockung im Dampfverbrauch der Druck um so weniger rasch steigen, eine je größere Wassermasse vorhanden ist, da dieselbe schon eine beträchtliche Wärmemenge aufzunehmen vermag, ohne eine erhebliche Zunahme ihrer Temperatur zu erfahren.

Hieraus folgt, daß ein Kessel, wenn er bei schwankendem Dampfverbrauch möglichst gleich hohen Dampfdruck halten soll, einen im Verhältniß zu seiner Heizfläche großen Wasserinhalt besitzen muß. Man bezeichnet solche Kessel, welche diese Eigenschaft besitzen, als Großwasserraumkessel.

3. Der vom Kessel gelieferte Dampf soll trocken sein, d. h. er soll kein Wasser enthalten. Stark mit Wasserperlen vermischter Dampf giebt zu Stößen in der Dampfmaschine und überdies zu Wärmeverlusten Anlaß; denn das Wasser, welches im Cylinder keinerlei Arbeit verrichtet, den letzteren aber in nahezu siedendem Zustand verläßt, nimmt in Folge dessen eine beträchtliche Menge Wärme mit sich fort, welche nutzlos verloren geht.

Der Wassergehalt des Dampfes wird von zwei Ursachen beeinflusst:

Wird der erzeugte Dampf dem Kessel sehr rasch entnommen, so werden auch viele der bei dem lebhaften Sieden des Wassers emporgerissenen Wassertheilchen mit fortgeführt; kann sich dagegen der Dampf vor seiner Verwendung noch eine geraume Zeit im Kessel aufhalten, so fallen die im Dampf schwebenden Wasserperlen zum größeren Theile wieder in das Wasser des Kessels herab, und der dem Kessel entnommene Dampf ist dann bedeutend reiner oder trockener. Damit aber der Dampf länger im Kessel bleiben kann, ist es nur erforderlich, dem Raum des Kessels, welcher mit Dampf gefüllt ist, eine genügende Größe zu geben. Dann ist es auch nothwendig, den Dampf an einem möglichst hohen, vom



Wasserspiegel entfernten Punkt des Kessels, nach welchem der Dampf einen längeren Weg zurückzulegen hat, zu entnehmen. Zu diesem Zwecke versteht man die Kessel meistens mit einem cylindrischen Aufsatz und bringt am oberen Rande des letzteren die Dampfentnahmeventile an; man nennt einen solchen Aufsatz einen Dampfdom.

Der erzeugte Dampf ist ferner um so mehr mit Wassertheilchen vermischt, je kleiner die Fläche des Wasserspiegels im Verhältniß zur Heizfläche des Kessels ist. Je mehr Heizfläche unter dem Wasserspiegel eines Kessels liegt, um so mehr Dampf erzeugt der letztere; da dieser Dampf empor steigen und den Wasserspiegel durchbrechen muß, so wird dies um so stürmischer geschehen und ein um so heftigeres Aufwallen des Wassers hervorrufen, je kleiner der Wasserspiegel im Verhältniß zur Heizfläche ist. Um so mehr Wasserperlen reißt dann der erzeugte Dampf mit sich empor, und um so mehr Wasser enthält er, wenn er den Kessel verläßt und nicht Zeit und Gelegenheit hatte, sich von den in ihm schwebenden Wasserperlen zu befreien.

Um recht gleichmäßigen Dampfdruck zu erhalten, soll der Wasserraum des Kessels möglichst groß sein oder der Kessel stark gefüllt werden; um recht trockenen Dampf zu erzielen, soll dagegen der Dampfraum des Kessels möglichst groß oder der Kessel nur mäßig gefüllt sein. Beide Forderungen können gleichzeitig nicht erfüllt werden. Die Erfahrung lehrt, daß man beiden Wünschen in gleichem Maße gerecht wird, wenn man den Kessel im Betriebe stets so gefüllt hält, daß sich der Rauminhalt des Wassers zu dem des Dampfes etwa wie 3 : 2 verhält. Diesem Verhältniß entsprechend wird auch stets für neue Kessel die Lage des tiefsten zulässigen Wasserstandes festgesetzt. Der Trockenheit des Dampfes wegen soll ferner der Kessel mit einem möglichst großen Wasserspiegel versehen werden.

4. Wird ein Kessel nicht ununterbrochen, Tag und Nacht, im Betrieb erhalten, sondern muß er täglich von Neuem angeheizt werden, so erfordert dieses Anheizen jedesmal eine gewisse Zeitdauer und eine entsprechende Menge Brennmaterial, ehe der über Nacht abgekühlte Kessel wieder erhitzt, das Wasser des Kessels ins Sieden gekommen und Dampf erzeugt worden ist. Auch zur Wiedererwärmung des Mauerwerkes des Kessels, wenn derselbe eingemauert ist, bedarf es einer entsprechenden Menge Brennmaterial. Je mehr Wasser ein Kessel im Verhältnisse zu seiner Heizfläche enthält und je mehr Mauerwerk ihn umgiebt, desto mehr Zeit und Brennmaterial oder Wärme geht für das Anheizen verloren.

Dampfessel, welche rasch und mit wenig Brennmaterial Dampf

geben sollen, müssen daher im Verhältniß zu ihrer Heizfläche möglichst wenig Wasser enthalten und dürfen nicht eingemauert sein. Die Kessel der Dampffeuerspritzen, Lokomobilen u. A. entsprechen diesen Bedingungen sehr weitgehend. Freilich kommen solche Kessel dann auch mit den Punkten 2 und 3 in Widerspruch; sie zeichnen sich durch stark schwankenden Dampfdruck aus und erzeugen sehr nassen Dampf.

5. Angesichts der verheerenden Wirkungen einer Explosion verlangt man von einem Kessel auch eine möglichst große Sicherheit gegen solche Ereignisse. Nun werden zwar die Kessel seitens der Ingenieure und Kesselfabriken in der Regel genügend sicher hergestellt; da aber die Kessel im Betrieb einer mehr oder weniger starken Abnutzung unterworfen sind, die nicht immer leicht erkennbar ist, und auch durch die Nachlässigkeit des Heizers Umstände eintreten können, unter welchen die Widerstandsfähigkeit des Kessels gegen den Dampfdruck in gefahrdrohender Weise geschwächt ist (z. B. bei Wassermangel, unterlassener Reinigung u. s. w.), so liegt der Wunsch gewiß nahe, daß doch, wenn einmal die Kesselerplosionen nicht völlig aus der Welt zu schaffen sind, wenigstens die Folgen einer solchen möglichst milde sein möchten. In dieser Frage spielen nun wieder der Wasserinhalt, ferner aber auch die Form des Kessels wichtige Rollen.

Jede Kesselerplosion besteht im Wesentlichen darin, daß die Wandungen des Kessels plötzlich eine größere Oeffnung erhalten, was an und für sich eine sehr rasche Abnahme des Dampfdruckes zur Folge haben wird; der Wasserinhalt des Kessels würde sich daher plötzlich in einem stark überhitzten Zustand befinden. Dies zieht aber sofort eine bei der ungeheueren Menge der in dem Wasser aufgespeicherten Wärme gewaltige Dampfsentwicklung nach sich. Dieser Vorgang spielt sich so stürmisch ab, daß die Wassermassen des Kessels mit großer Gewalt nach allen Richtungen auseinander geschleudert werden und nunmehr durch die hierdurch erzeugten Stöße meistens die völlige Zertrümmerung des Kessels herbeiführen. Je mehr Wasser ein Kessel enthält, desto verderbenbringender wird im Allgemeinen die eintretende Explosion.

Doch ist hierbei zu unterscheiden, ob die ganze Wassermasse in einem einzigen Kesseltheil eingeschlossen, oder ob dieselbe auf eine größere Anzahl mit einander verbundener, zugleich vermehrte Sicherheit bietende kleinere Kesseltheile vertheilt ist, in welchem letzteren Falle selbstverständlich nicht so leicht eine Zertrümmerung eintritt und bei einer solchen auch nur kleinere und leichtere Kesseltheile davongeschleudert werden.

Je sicherer also ein Dampfkessel und je ungefährlicher eine

Explosion desselben sein sollen, desto weniger Wasserinhalt darf er im Verhältniß zu seiner Heizfläche besitzen, und aus desto mehr kleineren Theilen muß er zusammengesetzt sein. Es wird sich bei der Besprechung der verschiedenen Kesselarten zeigen, daß diesem Grundsatz entsprechend besondere Bauarten erfunden worden sind, welche die Erzeugung von Dämpfen mit hohem Druck gestatten und dabei doch große Sicherheit gegen die Gefahr einer Explosion bieten.

6. Das in den Dampfkesseln zur Verdampfung gebrachte Wasser hinterläßt stets eine größere oder kleinere Menge von Rückständen, welche theils lose, theils feste sind und sich an die Kesselwandungen ansetzen; diese Rückstände, Schlamm und Kesselstein genannt, welche als schlechte Wärmeleiter dem Wärmedurchgang hinderlich sind, müssen von Zeit zu Zeit entfernt werden. Das Entfernen des fest auf den Kesselwandungen haftenden Kesselsteins macht nun oft große Mühe; es wird sehr erleichtert, wenn die Kesseltheile eine genügende Weite besitzen, welche dem Heizer das Befahren des Kessels und das bequeme Hantiren mit dem Kesselhammer gestattet. Sehr enge Kesseltheile, insbesondere Siederöhren, ohne besondere Vorrichtungen von Kesselstein zu befreien, ist unmöglich. Dieser Umstand ist wohl zu beachten, wenn ein neuer Kessel angelegt werden soll, es sich um die Wahl seiner Bauart handelt, und an dem Aufstellungsort des Kessels ein Wasser zur Verfügung steht und verwendet werden muß, welches sehr vielen und festen Kesselstein absetzt. Man wird in einem solchen Falle einer Kesselform den Vorzug geben, welche nur aus einem oder einer kleinen Anzahl weiter Theile besteht.

7. Bei besonderen Kesselarten muß viel Werth darauf gelegt werden, daß der Kessel möglichst leicht wird; es dürfte ohne Weiteres klar sein, daß dieser Bedingung nur Kessel entsprechen, welche einen im Verhältniß zu ihrer Heizfläche geringen Wasserinhalt haben und zahlreiche dünnwandige Theile enthalten. Die mit einer großen Anzahl von Heizröhren versehenen Lokomotiv- und Schiffskessel sind Kessel, welche die letzteren Eigenschaften in hohem Maße besitzen.

Dabei ist es oft ein weiteres Erforderniß solcher Kessel, daß sie wenig Raum zu ihrer Aufstellung beanspruchen; man giebt ihnen daher eine äußere Form, welche sich dem zur Verfügung stehenden Raum möglichst eng anschließt.

8. Endlich hegt man den Wunsch, daß der Kessel leicht herstellbar ist, was der Fall sein wird, wenn er eine recht einfache Form erhält; man erzielt damit zugleich, daß der Kessel billig wird. Ist nun bei den kleineren Kesseln eine einfache Gestalt immer anwendbar, so muß bei den größeren Kesseln wenigstens eine verhältniß-

mäßig einfache Form gewählt werden; wird die letztere unterstützt durch einen im Verhältniß zur Heizfläche mäßigen oder geringen Wasserinhalt, so ergiebt sich zugleich mit der Billigkeit ein mäßiges Gewicht des Kessels.

Aus den vorstehenden Erörterungen dürfte zur Genüge hervorgehen, daß die Anforderungen, welche an die Dampfkessel gestellt werden, sehr mannigfaltige und zur Erfüllung derselben oft ganz entgegengesetzte Wege einzuschlagen sind. Es ist deshalb auch ganz unmöglich, daß eine Kesselbauart allen Wünschen genügt; wird nur ein möglichst großer und zwar der unter den vorliegenden Verhältnissen unbedingt nothwendigste Theil derselben erfüllt, so muß man sich schon zufrieden geben. In welcher Weise und bis zu welchem Umfang aber die zu stellenden Anforderungen erfüllt werden, wird die nachfolgende Betrachtung der gebräuchlichsten Kesselbauarten ergeben.

#### A. Die feststehenden Dampfkessel.

Der weitaus überwiegende Theil der im Betrieb befindlichen Dampfkessel gehört zu den feststehenden. Da dieselben meistens ununterbrochen benutzt werden, so kommt es bei ihnen besonders auf einen sparsamen Betrieb an; sie erhalten daher in der Regel reichlich große Heizflächen und begnügen sich mit natürlichem Zug.

##### 1. Der Walzen- oder Cylinderkessel.

Die einfachste Form der zur Anwendung kommenden Dampfkessel ist die des Walzen- oder Cylinderkessels, wie dieselbe in den Figuren 30 (Längsschnitt) und 31 (Querschnitt) dargestellt wird.

Meistens erhalten die Cylinderkessel eine wagerechte Lage; doch kommen in Hüttenwerken auch senkrechte, von den abziehenden Gasen der Flammen- und Glühöfen geheizte Cylinderkessel vor. Die Böden besitzen in der Regel eine gewölbte Form, weil sie dann dünner sein dürfen, als ebene. Gewöhnlich sind diese Kessel mit einem Dampfdom *a* versehen, in dessen Decke dann wohl auch die zum Befahren des Kessels erforderliche Einsteigeöffnung, das Mannloch, angebracht wird, welche sich aber bei dem dargestellten Kessel neben dem Dom befindet.

Mit dem Durchmesser der Cylinderkessel geht man bis 1,5 m, mit der Länge bis 10 m und erzielt dann Heizflächen von höchstens 25 Quadratmetern; der Betriebsdruck beträgt höchstens 5 Atmosphären Ueberdruck.

Die Feuerungsanlage der Cylinderkessel ist entweder eine Unterfeuerung mit einem Planrost, wie Figur 30 darstellt, oder auch eine Vorfeuerung mit einem Treppenrost. Damit bei starker Ablagerung von Kesselstein und Schlamm diese Stoffe sich mehr im hinteren Theile des Kessels absetzen, und die Feuerplatten des Kessels nicht Schaden leiden, legt man den Kessel mit dem hinteren Ende etwas tiefer.

Kleinere Kessel werden oft nur mit einem Feuerzug versehen; die auf dem Rost gebildeten Feuergase ziehen, - die untere Hälfte des Kessels bestreichend, an diesem entlang und treten dann sofort in den

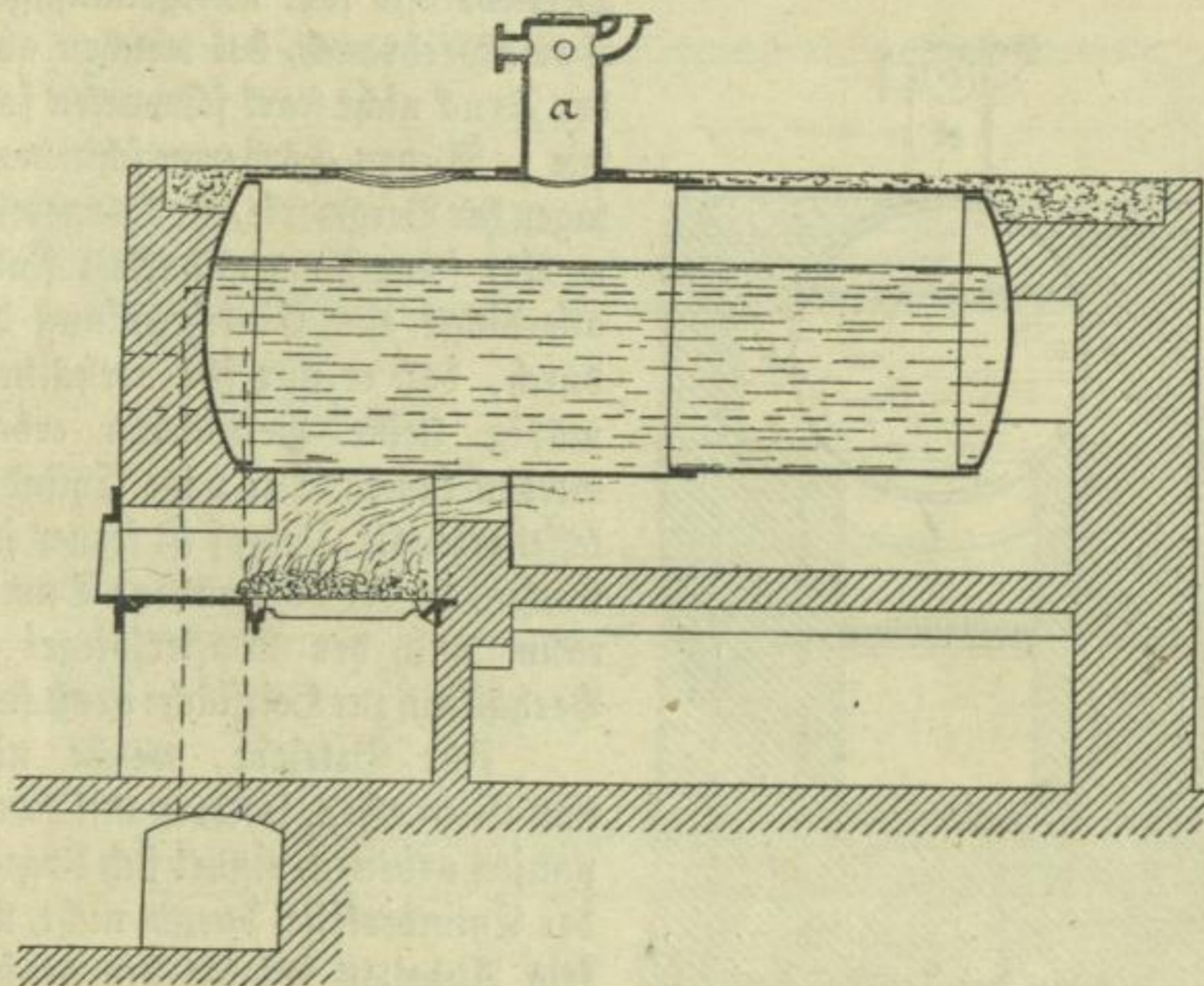


Fig. 30.

Schornstein ein. Daß bei dieser Anordnung den Feuergasen ihre Wärme nur sehr mangelhaft entzogen wird, liegt auf der Hand.

Bei größeren Kesseln führt man entweder die Feuergase unter dem Kessel entlang und in zwei getrennten Seitenkanälen wieder nach vorn, um sie dann senkrecht nach unten fallen zu lassen, dort in einem Kanal zu vereinigen und hierauf in den Fuchs einzuführen (vergleiche die Figuren 30 und 31); oder man leitet die Gase unter dem Kessel entlang, in einem Seitenzug nach vorn, daselbst um den vorderen Boden des Kessels herum, hierauf auf der anderen Seite des Kessels wieder nach hinten und dort durch den Fuchs in den Schornstein.

Die Eigenschaften der Cylinderkessel lassen sich nun in Folgendes zusammenfassen:

Die Dampferzeugung eines Quadratmeters der Heizfläche kann keine sehr reichliche sein, da sowohl die Abgabe der Wärme an den Kessel in Folge des breiten, ruhig am Kessel hinziehenden Heizgasstromes verzögert, als auch die Uebertragung der Wärme an das Wasser infolge der schwachen Bewegung des letzteren verlangsamt werden; man darf daher von einem solchen Kessel, wenn der Betrieb sparsam sein soll, nicht mehr als 10 bis 12 kg Dampf von dem Quadratmeter Heizfläche in der Stunde verlangen. Im Verhältniß zur Heizfläche besitzt der Cylinderkessel aber von allen Kesselarten den größten Wasserinhalt und eignet sich demzufolge ganz vorzüglich für

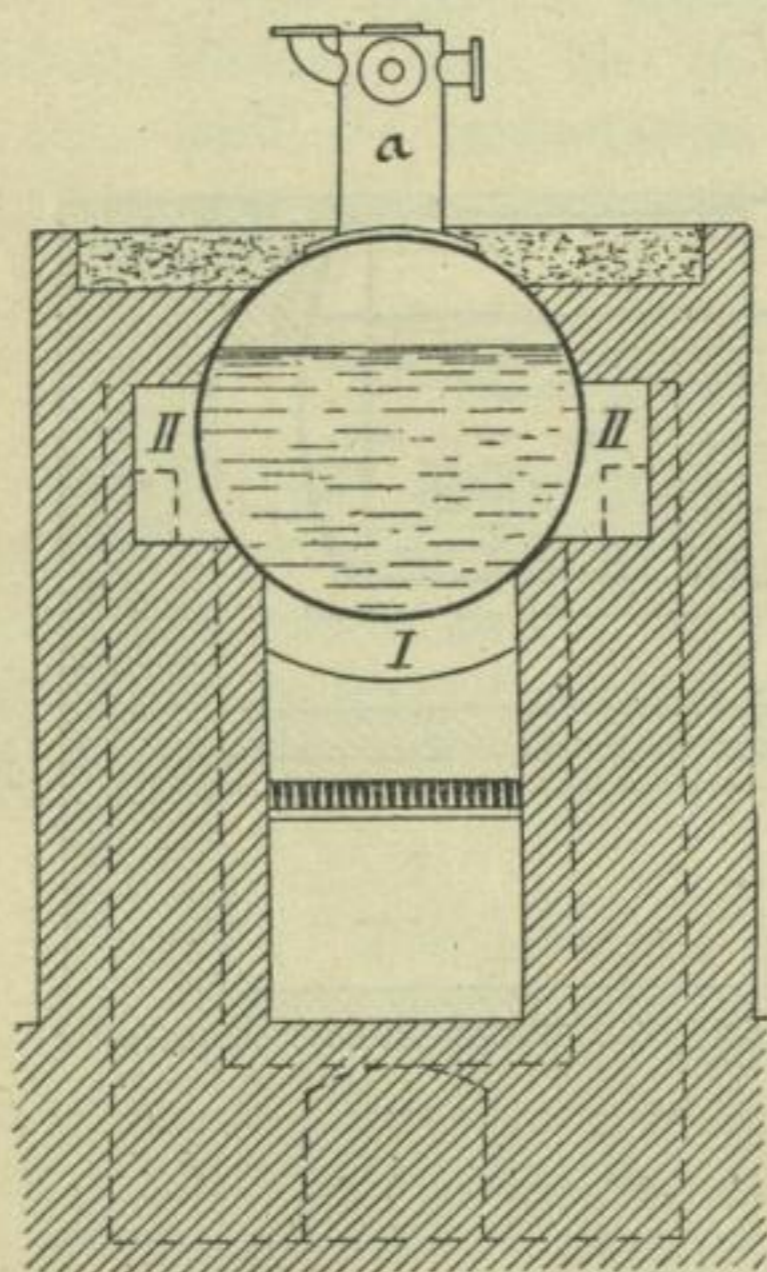


Fig. 31.

Betriebe mit sehr unregelmäßigem Dampfverbrauch, bei welchen aber der Druck nicht stark schwanken soll, wie z. B. den Fördermaschinenanlagen der Bergwerke, für Brauereien u. A.; seine Anwendbarkeit findet allerdings eine Einschränkung dadurch, daß er nur für verhältnißmäßig kleine Heizflächen erbaut werden kann. Der vom Cylinderkessel erzeugte Dampf ist ferner sehr trocken, da der vorhandene Dampfraum und der Wasserspiegel im Verhältniß zur Heizfläche groß sind.

Für Betriebe, welche nicht ununterbrochen, sondern mit Nachtpausen arbeiten, eignet sich dagegen der Cylinderkessel darum nicht, weil sein Anheizen infolge der großen, während der Pausen abgekühlten und wieder zu erhitzenden Massen

von Wasser und Mauerwerk viel Zeit und Brennmaterial erfordert. Eine weitere Schattenseite des Cylinderkessels besteht darin, daß eine eintretende Explosion infolge der auf einem Punkt zusammengedrängten großen Wassermasse außerordentlich verheerend wirkt.

Die Reinigung eines Cylinderkessels kann aber so leicht und bequem vorgenommen werden, wie nur irgend möglich, auf welchen Umstand, wie bereits bemerkt, bei sehr schlechtem Speisewasser viel Werth zu legen ist. Freilich wird er dafür auch, eine bestimmte Heizflächengröße vorausgesetzt, am schwersten von allen Kesseln und erfordert zu seiner Aufstellung den größten Raum.

Sein Bau verlangt keine besondere Kunstfertigkeit und ist daher billig.

## 2. Der Siederohrkessel.

Um an Raum für die Aufstellung zu sparen und größere Heizflächen zu erzielen, kam man bald dahin, mehrere Cylinderkessel übereinander zu legen und zu einem Kessel zu vereinigen; man erhielt auf diese Weise den sogenannten Siederohrkessel.

Am gebräuchlichsten sind die Siederohrkessel, welche aus einem obenliegenden größeren Hauptkessel, dem Oberkessel, und einem darunter liegenden kleineren Kessel, welcher der Unterkessel, das Siederohr oder wohl auch der Vorwärmer genannt wird, be-

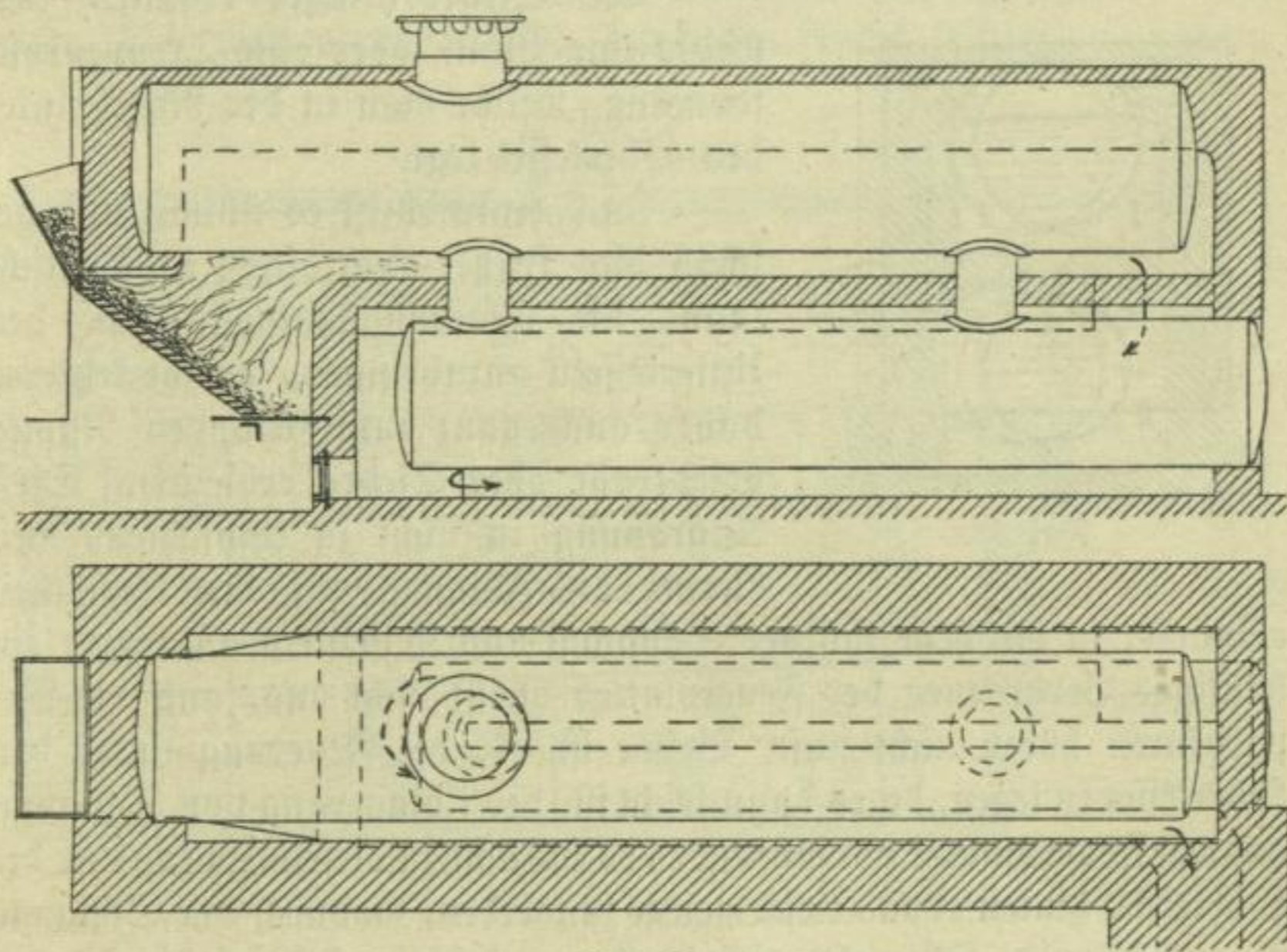


Fig. 32.

stehen; der Durchmesser des Unterkessels beträgt hierbei gewöhnlich  $\frac{2}{3}$  von dem des Hauptkessels. Die Böden der Kesseltheile sind meistens gewölbt; Oberkessel und Unterkessel werden gewöhnlich durch zwei kurze Blechcylinder, Verbindungsstutzen genannt, mit einander verbunden; der Oberkessel wird mit einem Dampfdom versehen.

Die Verbindung von einem Hauptkessel mit zwei Siederohren ist nur zu empfehlen, wenn es sich um eine sehr große Anlage handelt, da die Reinigung zweier enger Siederohre unbequemer ist, als die eines solchen mit größerer Weite. Damit ein Siederohr noch bequem gereinigt werden kann, soll sein Durchmesser niemals kleiner als 55 cm sein.

Neuerdings legt man wohl auch unter einen Oberkessel zwei Siederohre, die letzteren aber nicht neben-, sondern übereinander, und verbindet diese Theile unter sich, worauf man schließlich zwei oder drei solcher Gruppen zu einem einzigen Kessel vereinigt.

Die Größenverhältnisse der Oberkessel sind gewöhnlich die nämlichen, wie die der einfachen Cylinderkessel; auch beträgt der Dampfdruck, wie bei dem Cylinderkessel, höchstens 5 Atmosphären Ueberdruck. Die zu erreichenden Heizflächen sind bei dem Siederohrkessel mit einem Siederohre 50 Quadratmeter, bei dem mit zwei Siederohren etwa 70 Quadratmeter.

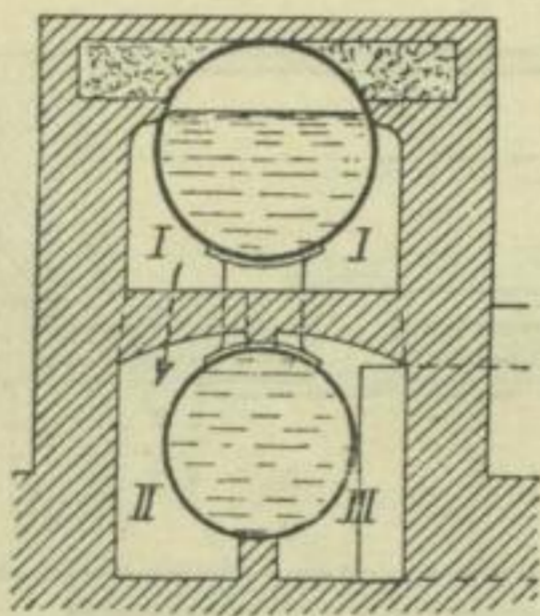


Fig. 33.

Die Siederohrkessel erhalten entweder eine Plan- oder eine Treppenrostfeuerung, welche man in der Regel unter den Oberkessel legt.

In Frankreich ist es üblich, und geschah dies früher auch öfters in Deutschland, die Feuerungsanlage unter den Unterkesseln anzubringen, welche letzteren daher auch ganz zutreffend den Namen Siederohr oder Sieder erhielten. Diese Anordnung ist nicht zu empfehlen, weil hierbei die Flamme auf den Kesseltheil

einwirkt, in welchem sich der Schlamm und Kesselstein ablagert; ein häufiges Verbrennen der Feuerplatten bleibt nicht aus, und die Reparaturen hören nicht auf. Besser ist es, die Feuerung unter den Oberkessel zu legen, da es dann leicht ist, der Ablagerung von Schlamm auf den Feuerplatten vorzubeugen; es braucht zu diesem Zwecke nur der Oberkessel hinten etwas tiefer gelegt zu werden, wodurch der Schlamm veranlaßt wird, sich mehr nach hinten zu ziehen und durch die Stützen in die Siederohre herabzufallen.

Damit sich ferner in den Siederohren keine mit Dampf angefüllten Räume bilden, was z. B. eintritt, wenn das Ende eines Siederohres von dem Stützen ab ansteigt, müssen die Siederohre eine derartige Lage erhalten, daß der in denselben gebildete Dampf nach dem Oberkessel entweichen kann. Wird diese Vorsichtsmaßregel nicht beobachtet, so beschädigt die Flamme leicht diejenigen Siederohrwandungen, hinter welchen sich anstatt des kühlenden Wassers Dampf befindet. Hierzu kommt der Uebelstand, daß sich an solchen Orten größere Dampfmenngen ansammeln, welche plötzlich in geballter Masse, unter heftigem Gepolter und schädlichen Erschütterungen des Kessels nach dem Oberkessel emporzusteigen pflegen. Bei Kesseln der in Figur 32 dargestellten Art wird daher das Siederohr gut wagerecht



gelegt und erhält der vordere Verbindungsstutzen, damit der Oberkessel den nach hinten erforderlichen Fall bekommt, eine etwas größere Länge, als der hintere.

Die Anordnung der Feuerzüge ist gewöhnlich eine solche, wie sie die Figuren 32 (Aufriß und Grundriß) und 33 (Querschnitt) darstellen. Die auf dem Koft gebildeten Flammen und Gase bestreichen zunächst die untere Hälfte des Oberkessels (I), fallen durch eine Oeffnung des über das Siederohr gespannten Gewölbes nach unten, ziehen an der einen Seite des Siederohres nach vorn (II), bewegen sich hier um das Siederohr herum, nehmen ihren Weg hierauf an der anderen Seite des Siederohres entlang wieder nach hinten (III) und werden endlich durch den Fuchs seitlich ab- und in

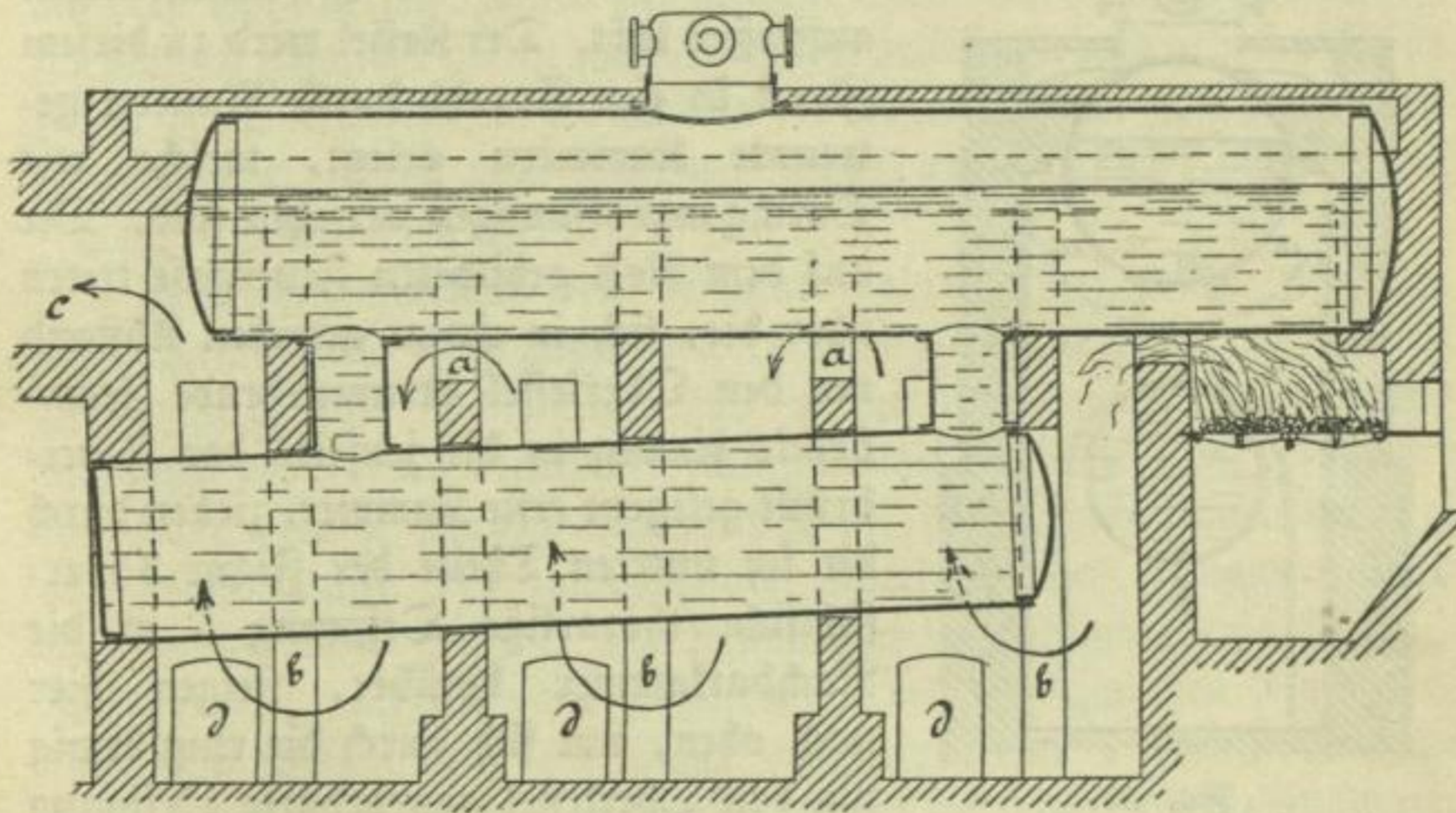


Fig. 34.

den Schornstein geführt. Doch kann der Fuchs auch die geradlinige Verlängerung des Zuges III bilden.

Daß der Raum, in welchem das Siederohr liegt, durch eine unter dem Siederohr sich hinziehende Mauerzunge, die zugleich zur Unterstüzung und Auflagerung des Kessels dient, und durch eine zweite zwischen dem Siederohrscheitel und dem Gewölbescheitel sich hinziehende Mauerzunge in zwei Theile getrennt werden muß, welche nur am vorderen Ende des Siederohres in Verbindung stehen, bedarf keiner besonderen Erläuterung. Da das Mauerwerk die Bodenfeuchtigkeit aufsaugt und dann beim Stillstand des Kessels leicht zu Verrostungen Anlaß giebt, so wird auch neuerdings die untere Zunge oft aus Eisen hergestellt.

Sind zwei Siederohre vorhanden, so wird der Kessel in der

Weise eingemauert, daß die Feuergase zuerst am Oberkessel entlang nach hinten ziehen, dort nach unten geleitet werden, sich hierauf an dem einen Siederohr, den ganzen Umfang desselben berührend, nach vorn bewegen, um, an das andere Siederohr herübertretend, an diesem wieder entlang nach hinten zu ziehen und dort durch den Fuchs in den Schornstein zu treten.

Eine recht zweckmäßige und zugleich einfache Zuanordnung für Siederohrkessel, gleichgültig ob dieselben ein oder zwei Siederohre besitzen, ist die in den Figuren 34 (Längsschnitt) und 35 (Querschnitt) dargestellte kammerförmige, bei welcher der Zweck verfolgt wird, eine recht rasche Wärmeabgabe an den Kessel dadurch herbei-

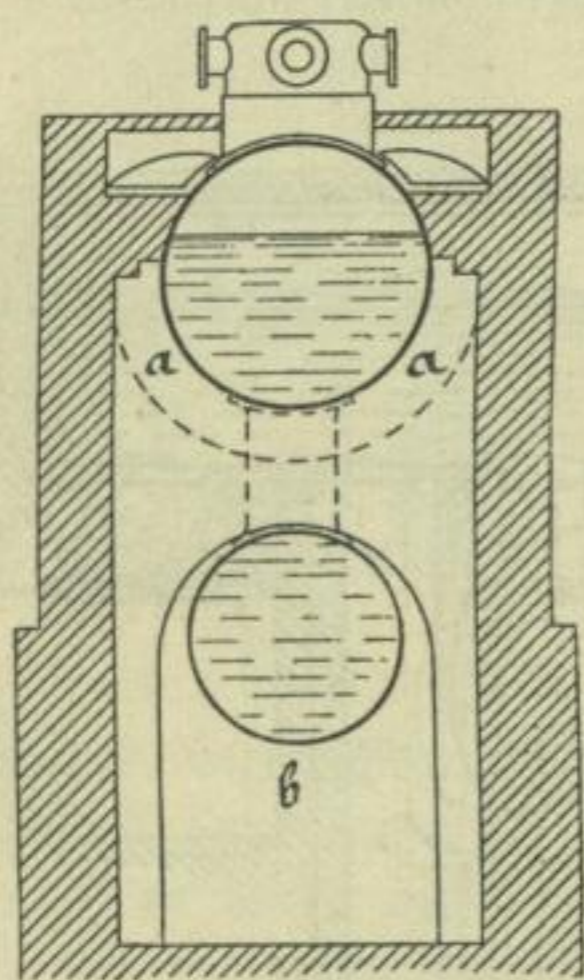


Fig. 35.

zuführen, daß man die Feuergase wiederholt senkrecht auf die Kesselwandungen aufstoßen läßt. Der Kessel wird zu diesem Zweck in eine Anzahl durch Mauern getrennte Kammern gelegt, welche mit Durchgangsöffnungen versehen sind. Die auf dem Rost gebildeten Feuergase treten über die, sich in einem gewissen Abstand um den Oberkessel herumziehende Feuerbrücke hinweg in die jenseits der Feuerbrücke gelegene erste Kammer, ziehen durch die im unteren Theile der Figur 35 ersichtliche thorartige Öffnung *b* in die Nachbarkammer hinüber, steigen hier nach oben, um sich durch die ringförmig um den Oberkessel angeordnete Öffnung *a a* wieder in die nächste Kammer zu be-

geben, wo sich das Spiel wiederholt. Die Bewegung der Feuergase ist mithin eine schlängelförmig, abwechselnd auf- und absteigende, die mit dem Eintritt in den Fuchs bei *c* endigt. Damit der im Unterkessel gebildete Dampf rasch nach oben steigt, ist dieser Kesseltheil geneigt und der vordere Verbindungsstutzen ganz am Ende desselben angebracht; hierbei wird zugleich der Vortheil erreicht, daß sich der Kessel durch das am hinteren Ende des Unterkessels befindliche Ablassventil gut entleert.

Diese Art der Einmauerung führt in der That eine etwas raschere Abgabe der Wärme an den Kessel herbei, als die vorher geschilderte Einrichtung; gleichzeitig gewährt sie aber auch den Vortheil, daß die Flugasche und der Ruß bei Anbringung der in Figur 34 ersichtlichen Reinigungsöffnungen *d* weit bequemer entfernt werden können, als aus den langgestreckten Zügen der zuerst erläuterten Einmauerungsart.

Bezüglich seiner Eigenschaften steht nun der Siederohrkessel mit dem Cylinderkessel auf nahezu gleicher Stufe, und kann daher auf das dort Gesagte verwiesen werden. Die beiden Kesselarten unterscheiden sich nur darin, daß bei dem Siederohrkessel die Verdampfung etwas günstiger wird (etwa 12 bis 15 kg für den Quadratmeter Heizfläche und die Stunde), derselbe etwas leichter ausfällt und zu seiner Aufstellung weniger Platz, wenn auch mehr Höhe erfordert.

### 3. Der Flammenrohrkessel.

Der Flammenrohrkessel, welcher erhalten wird, wenn mehrere Cylinderkessel, nicht wie bei dem Siederohrkessel über einander, sondern in einander gelegt werden, ist die beliebteste und gebräuchlichste Form der Dampfkessel. Je nachdem der Kessel ein oder zwei Flammenrohre besitzt, nennt man ihn einen Einflammenrohr- oder einen Zweiflammenrohrkessel.

Der Durchmesser des Flammenrohres darf nicht zu klein sein, damit der Zug nicht gestört wird; andererseits erhöht ein weites Rohr die Schwierigkeiten, welche mit dem Befahren und Reinigen des Kessels verbunden sind. Damit der Kessel noch befahrbar ist und gereinigt werden kann, muß bei dem Einflammenrohrkessel (vergleiche Figur 27) zwischen der Oberkante des Flammenrohres und dem oberen Scheitel des Kesselmantels wenigstens ein Abstand von 60 cm, unterhalb des Flammenrohres aber zwischen Flammenrohr und Kesselmantel ein solcher von mindestens 15 cm vorhanden sein; selbst dann wird aber das Hantieren mit dem Kesselsteinhammer an dem letzteren Ort, wo sich auch leider der Kesselstein am stärksten anzusetzen pflegt, noch sehr erschwert. Um diese Arbeit zu erleichtern, wird zuweilen das Flammenrohr etwas nach der Seite gelegt (vergleiche Figur 13).

Bei den Zweiflammenrohrkesseln muß Aehnliches beobachtet werden, wenn auch die Reinigung des unteren Theiles des Kesselmantels etwas bequemer ist; dafür wird aber diese Arbeit bezüglich des seitlich von den Flammenrohren gelegenen Manteltheiles, selbst wenn auch hier ein Abstand von mindestens 15 cm gewahrt ist, sehr erschwert. Damit ein Mann sich zwischen den beiden Flammenrohren hindurch zwängen kann, muß zwischen diesen ein lichter Zwischenraum von mindestens 30 cm vorhanden sein; liegen die Rohre enger aneinander, so hat, damit der Raum unterhalb der Flammenrohre zugänglich wird, einer der Kesselböden eine Einsteigeöffnung zu erhalten.

Die Flammenrohre größerer Kessel müssen stets in besonderer Weise gegen das Zusammendrücken durch den allseitig von außen wirkenden Dampfdruck gesichert werden, worüber bereits Seite 69 u. f. nähere Mittheilungen gemacht wurden.

Die Kesselböden sind hier, der bequemer herzustellenden Verbindung zwischen Boden und Flammenrohr wegen, meistens eben; größere Kesselböden müssen durch einen oder mehrere Blechwinkel versteift werden (vergleiche Figur 7). Auch der Flammenrohrkessel wird stets mit einem Dampfdom versehen.

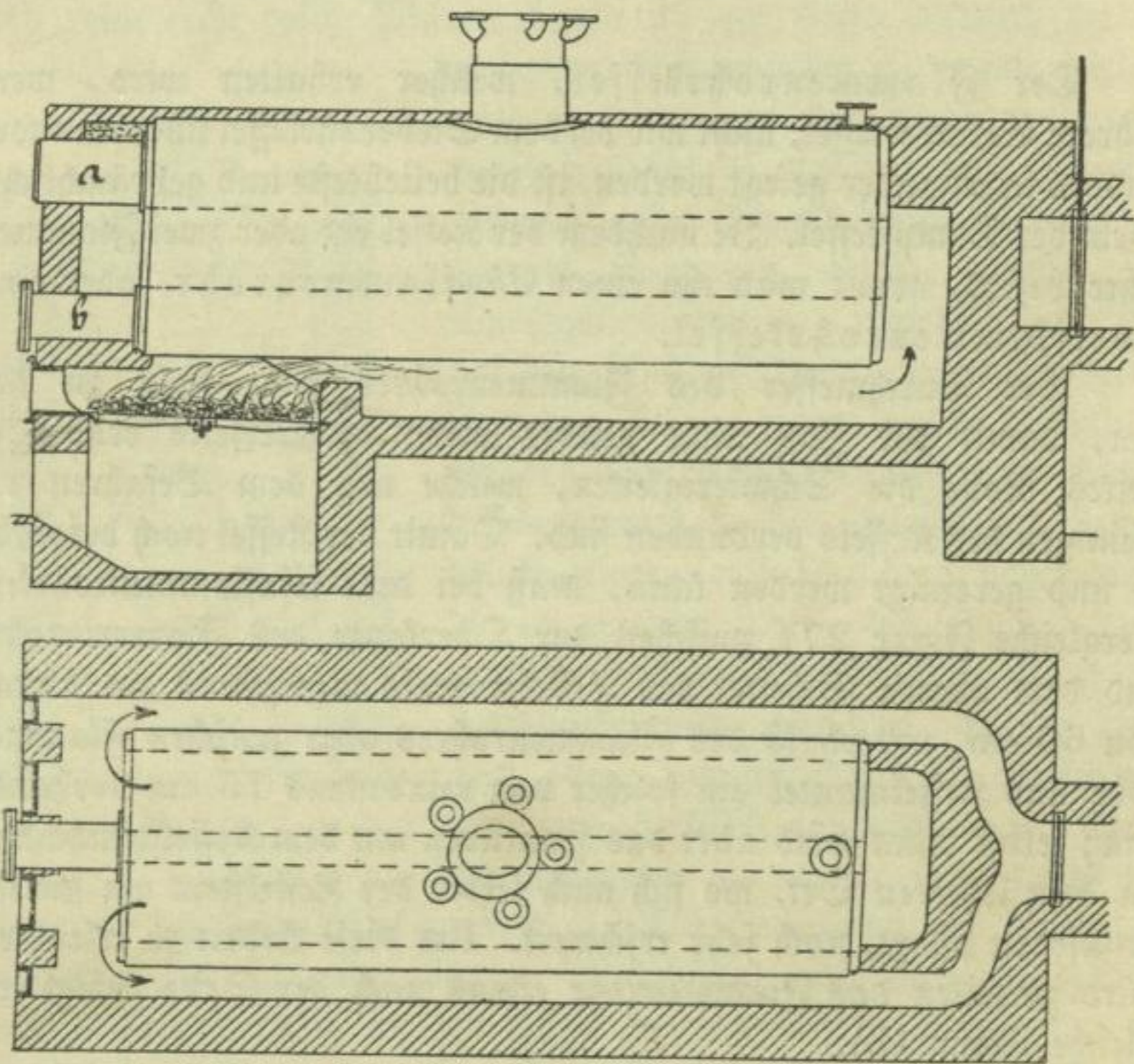


Fig. 36.

Der Einflammenrohrkessel soll niemals einen kleineren Durchmesser als 1,2 m und einen größeren als 1,8 m erhalten; das Flammenrohr einen Durchmesser, der gleich der Hälfte des Hauptkesseldurchmessers ist. Die Länge soll das  $2\frac{1}{2}$  bis 5fache des letzteren betragen. Die Heizfläche kann nicht größer erzielt werden, als 50 Quadratmeter.

Der Zweiflammrohrkessel muß einen Durchmesser von mindestens 1,7 m erhalten; der größte Durchmesser soll 2,2 m nicht überschreiten. Der Durchmesser der Flammenrohre beträgt gewöhnlich

das 0,35 bis 0,40 fache vom Hauptkesseldurchmesser und die Kessellänge höchstens das 5 fache des letzteren. Es lassen sich dann schon Heizflächen bis zu 100 Quadratmetern erzielen.

Mit dem Dampfdruck geht man bei den Flammenrohrkesseln bis zu 7 Atmosphären Ueberdruck.

Die Feuerungsanlage kann bei dieser Kesselart, wenn ein Planrost verwendet wird, in allen drei Lagen zum Kessel, entweder unter, vor oder auch in dem letzteren angebracht werden; den Treppenrost legt man in der Regel vor den Kessel (vergleiche Figur 17). Bedenklich ist es, bei Einflammenrohrkesseln eine Unterfeuerung zu wählen, wenn das Speisewasser viel Schlamm und festen Kesselstein absetzt; soll ein öfteres Schadhastwerden der Feuerplatten vermieden werden, so ist der Kessel besser mit einer Innen- oder Vorfeuerung zu versehen.

In den Figuren 36 (Aufriß und Grundriß) und 37 (Querschnitt) ist ein Zweiflammrohrkessel mit einer Planrost-Unterfeuerung dargestellt. Damit der Schlamm und Kesselstein sich mehr im hinteren Theil des Kessels absetzen, wird ein solcher Kessel hinten etwas tiefer gelegt.

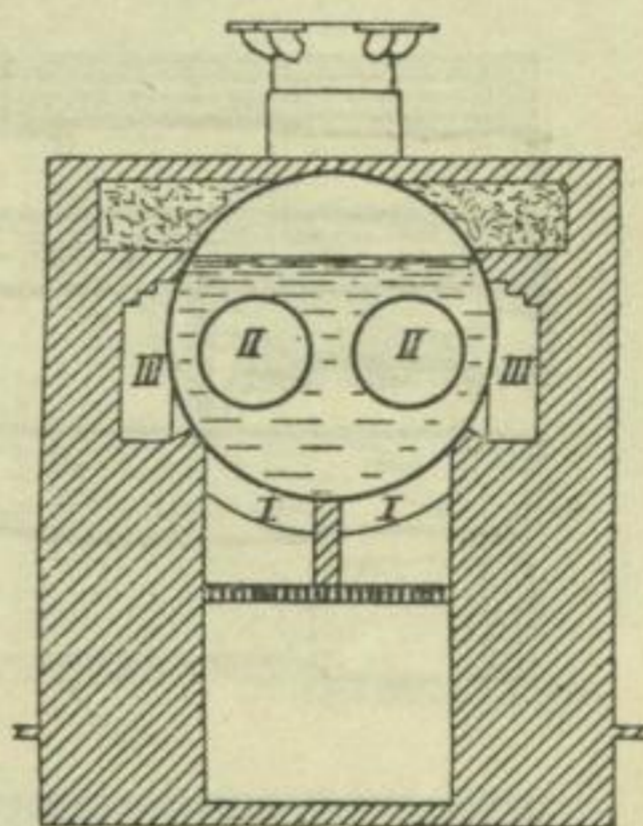


Fig. 37

Die Züge können verschieden angeordnet werden, wobei indessen ein Unterschied zwischen dem Einflammenrohrkessel und dem Zweiflammrohrkessel nicht zur Geltung kommt.

Die dargestellte, sehr gebräuchliche Zuanordnung zwingt die auf dem Roste gebildeten Feuergase zunächst ihren Weg unter dem Kessel entlang zu nehmen (I), hinten angekommen in einem senkrechten, oben geschlossenen Schacht emporzusteigen, in die Flammenrohre einzutreten und die letzteren von hinten nach vorn zu durchstreichen (II); hierauf wenden sich die Gase um den vorderen Kesselboden herum, berühren die beiden Seiten des Kessels (III), um sich schließlich wieder zu vereinigen und durch den Fuchs nach dem Schornstein zu ziehen.

Der Kesseltheil *a* ist ein sogenannter Wasserstandstutzen, der zur Befestigung der Wasserstandszeiger dient, der Kesseltheil *b* dagegen ein vorn durch einen aufgeschraubten Deckel geschlossener sogenannter Reinigungsstutzen, der die Befahrung der unteren Kesselhälfte ermöglicht.

In den Figuren 38 (Aufriß und Grundriß) und 39 (Querschnitt) ist wieder ein Zweiflammrohrkessel, aber mit einer Planrost-Innenfeuerung dargestellt.

Um die Feuerungsanlage gut unterzubringen und keine zu langen Roste zu erhalten, werden die Flammenrohre derartiger Kessel oft im vorderen Theile etwas weiter gemacht; hinter dem Roste verengen sie sich wieder.

Da sich nur wenig Kesselstein auf den von der Flamme zuerst berührten Kesseltheilen, den Flammenrohren, ablagert und dort, wo er

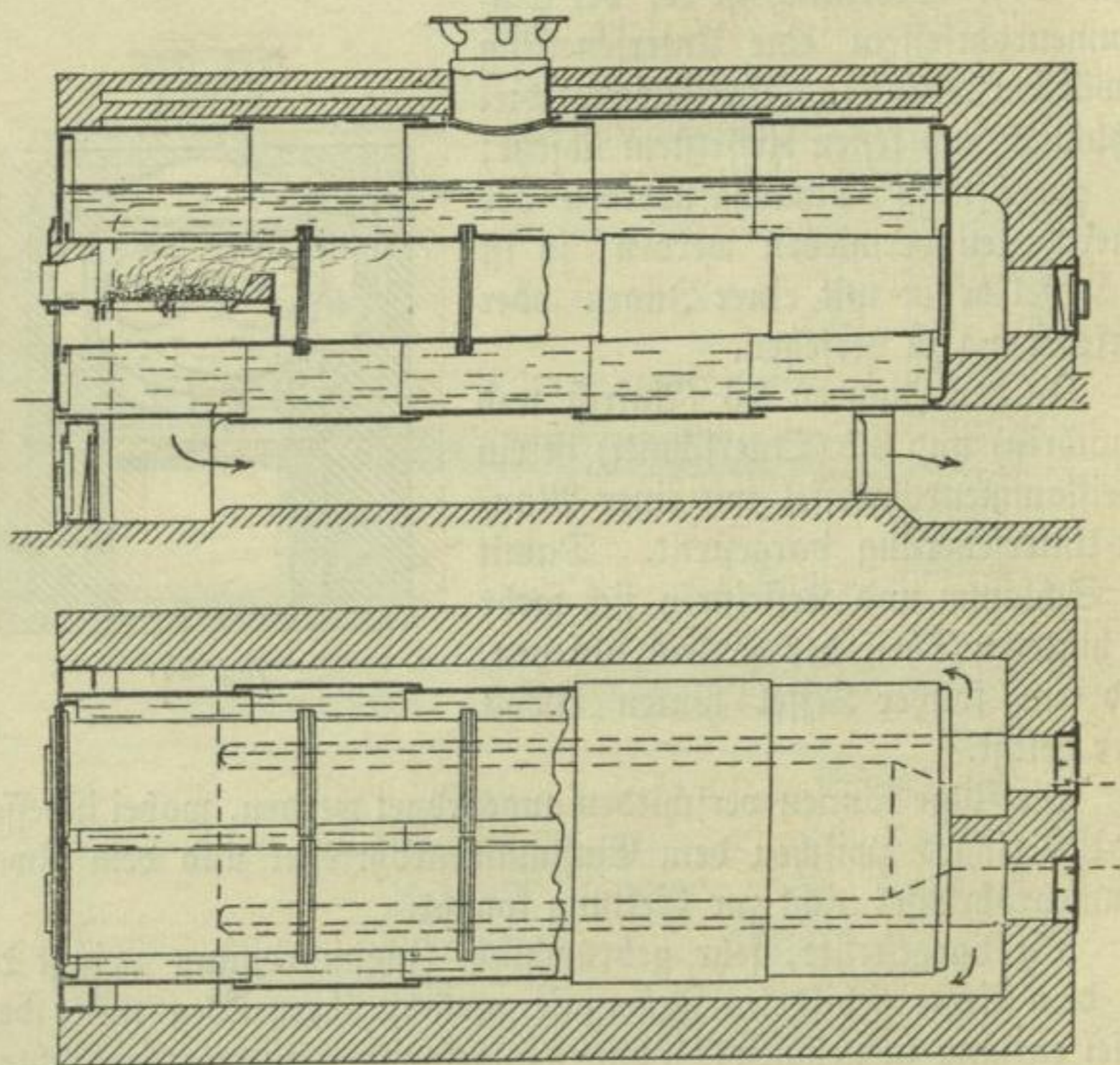


Fig. 38.

sich in größeren Mengen absetzt, über dem Zug III, eine Beschädigung des Kessels durch die Feuergase bei der bereits eingetretenen Abkühlung derselben nicht mehr zu befürchten ist, so könnte man einen solchen Kessel wagerecht legen. Befindet sich aber das Ablassventil des Kessels am vorderen Kesselboden, wie dies meistens der Fall zu sein pflegt, so legt man den Kessel, damit er sich beim Ablassen vollständig entleert, vorn etwas tiefer.

Die Feuergase nehmen ihren Weg vom Rost weg durch die Flammenrohre (I), kehren vom hinteren Kesselboden aus zu beiden

Seiten des Kessels nach vorn zurück (II), um dort schräg nach unten zu fallen, sich in dem Zug (III) zu vereinigen, in dem letzteren unter dem Kessel entlang zu ziehen und schließlich in den Fuchs zu treten.

Werden die Flammenrohrkessel mit einer Treppenrostfeuerung versehen, so ist die Zuanordnung, je nachdem die Flamme zuerst unter dem Kessel hinzieht oder in die Flammenrohre schlägt, auch die nämliche, wie sie in den Figuren 36 und 37 bezüglich 38 und 39 angegeben wurde.

Die Eigenschaften der Flammenrohrkessel lassen sich nun in Folgendes zusammenfassen:

Die stündliche Dampferzeugung auf dem Quadratmeter Heizfläche ist, besonders wenn die Flammenrohre mit Gallowayröhren versehen oder gewellt sind, wodurch die Feuergase zu einer rascheren Wärmeabgabe an den Kessel veranlaßt werden und die Dampfbildung vermehrt wird, wesentlich höher, als bei den Cylinder- und Siederohrkesseln; sie beträgt hier bei sparsamem Betrieb bis 20 kg.

Nun ist zwar der Wasserinhalt bei dem Flammenrohrkessel im Verhältniß zur Heizfläche geringer, als bei dem Cylinder- und Siederohrkessel, so daß bei unregelmäßigem Dampfverbrauch auch etwas größere Schwankungen im Dampfdruck eintreten; die letzteren machen sich indessen nicht so fühlbar, daß sich der Flammenrohrkessel nicht auch noch sehr gut zum Dampfmaschinenbetrieb eignete. Dabei erweist sich der erzeugte Dampf, da ein beträchtlicher Dampfraum und ein im Verhältniß zur Heizfläche großer Wasserspiegel vorhanden sind, auch als ein reiner und trockener.

Mit dem geringeren Wasserinhalt stellt sich ferner der Vortheil ein, daß das Anheizen weniger Zeit und Brennmaterial erfordert; es macht sich dies insbesondere bei den Flammenrohrkesseln mit Innenfeuerung geltend, die am wenigsten im Betrieb hoch zu erhitzendes Mauerwerk besitzen. Die Flammenrohrkessel eignen sich daher vorzüglich für solche Betriebe, welche mit regelmäßigen Nachpausen arbeiten. Andererseits sind aber diese Kessel auch weit mehr der Gefahr einer Explosion ausgesetzt; insbesondere kann sehr leicht ein Zusammenklappen des Flammenrohres und eine nachfolgende Explosion eintreten, wenn sich bei einem solchen Kessel mit Innenfeuerung während des Betriebes Wassermangel einstellt, und dann das oben von Wasser entblößte Flammenrohr glühend und nach-

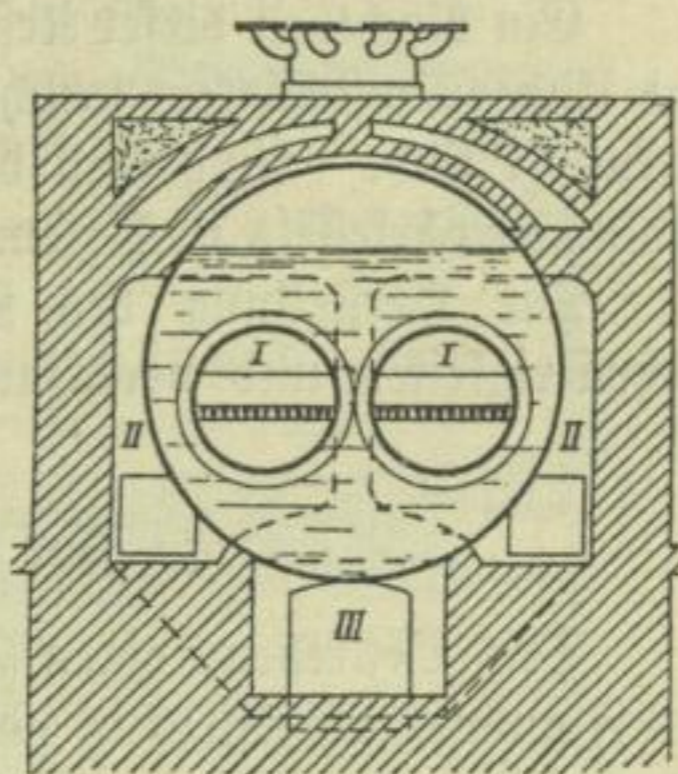


Fig. 39.

giebig wird; oder wenn die Form des Flammenrohres nicht völlig kreisrund und der Dampfdruck ein zu hoher ist. Es wird dies auch durch die bei dieser Kesselart weit häufiger vorkommenden Explosionen bestätigt. Leider erweisen sich solche Ereignisse in Folge des immerhin beträchtlichen Wasserinhaltes des Kessels meistens sehr verheerend. Eine gute Versteifung der Flammenrohre oder die Verwendung von Wellrohren gewähren indessen bis zu einem gewissen Grade Schutz gegen diese Gefahr.

Ein Nachtheil dieser Kesselart liegt ferner in den Schwierigkeiten und Unbequemlichkeiten, welche mit der inneren Reinigung des Kessels verknüpft sind. Auch sind das Gewicht und der Raumbedarf des Flammenrohrkessels noch ziemlich beträchtlich.

Die Herstellung des Kessels bereitet dagegen keine großen Schwierigkeiten und verursacht daher auch nur mäßige Kosten.

#### 4. Der Heizröhrenkessel.

Das Bestreben, einen Kessel zu erhalten, welcher die Vortheile des Flammenrohrkessels in nahezu gleichem Maße besitzt, die Wärme der Heizgase durch eine große, sehr wirksame Heizfläche gut ausnützt und dabei wenig Raum zu seiner Aufstellung erfordert, führte zur Erfindung des Heizröhrenkessels, welchen die Figuren 40 (Aufriß und Grundriß) und 41 (Querschnitt) darstellen. Um die Ausbildung dieser Kesselgattung hat sich besonders die Fabrik von Paukisch & Freund in Landsberg a. d. W. verdient gemacht.

Im Wesentlichen ist der Heizröhrenkessel ein Flammenrohrkessel mit einer sehr großen Anzahl von Flammenrohren. Die Heizröhren werden meistens in zwei Gruppen getheilt; der dazwischen liegende freie Raum ermöglicht es dem Heizer, im Kessel zu stehen und die Heizröhren von oben und der Seite her zu reinigen. Die Reinigung des Kessels wird außerdem erleichtert durch den auf den vorderen Kesselboden genieteten, vorn mit einem aufgeschraubten Verschlußdeckel versehenen Reinigungsstutzen *a*. Der Heizröhrenkessel wird stets mit ebenen Böden hergestellt. Der größere Theil der Bodenflächen ist nun zwar schon durch die Heizröhren mit einander verankert und gegen Ausbiegungen geschützt; der über den Heizröhren liegende Theil dieser Kesselwandungen muß aber noch durch Blechwinkel und Längsanker versteift werden. Auf den Kesselmantel ist wieder ein senkrechter Dampfdom genietet.

Um eine rasche Reinigung der Heizröhren während des Betriebes zu ermöglichen, ist der vor den Heizröhren gelegene, durchbrochene Theil des Ofenmauerwerks mit einer gußeisernen Platte



verschlossen, in welcher letzteren zwei große Thüren angebracht sind, nach deren Oeffnung der Heizer die Heizröhren auslegen kann.

Der größte Durchmesser und der höchste Dampfdruck, welche man bei den Heizröhrenkesseln anwendet, sind die bei den Flammenrohrkesseln üblichen. Die Länge des Kessels beträgt höchstens das

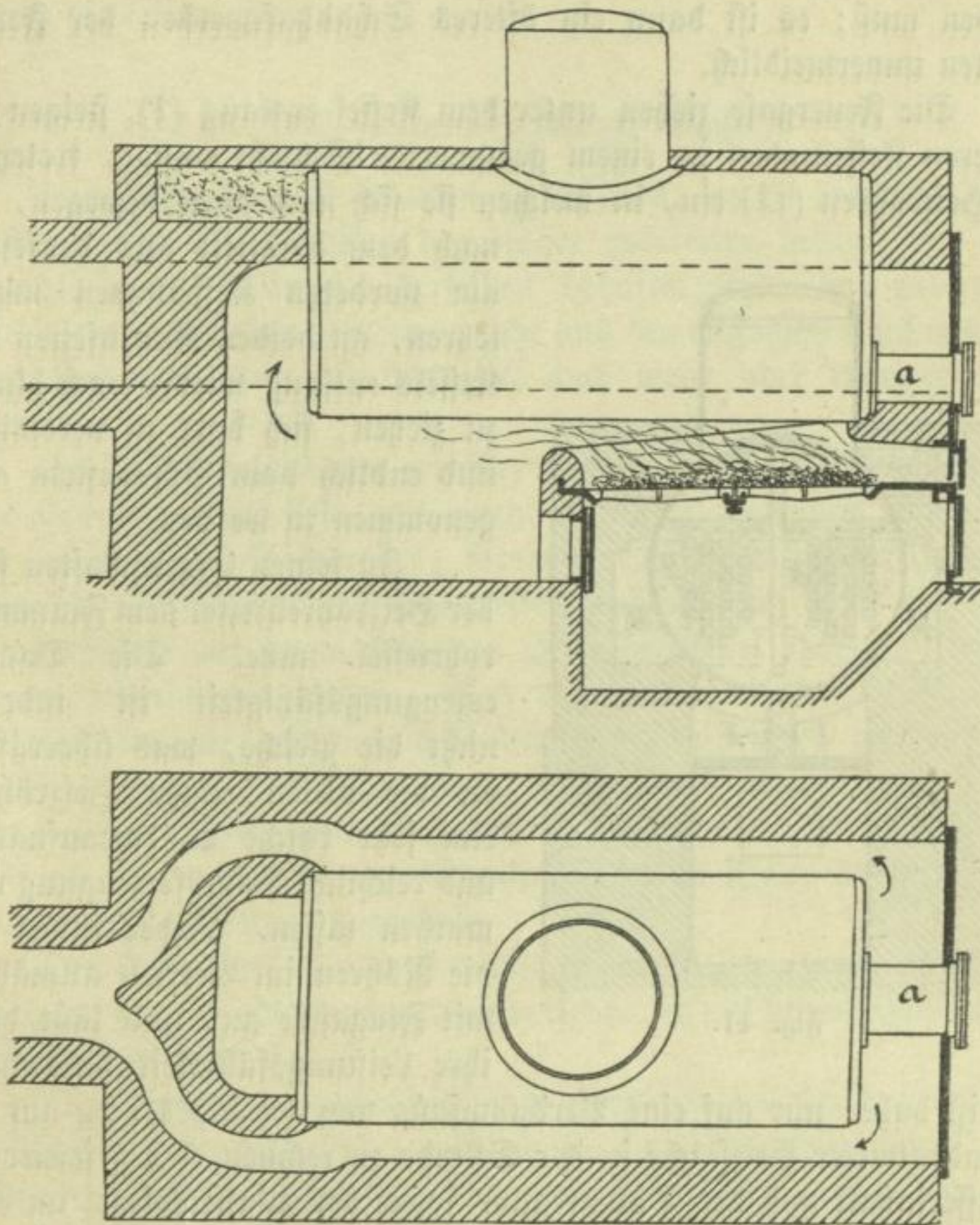


Fig. 40

$2\frac{1}{2}$  fache des Durchmessers; dem Kessel und den Heizröhren eine größere Länge zu geben, ist überflüssig, da die letzteren den Feuergasen schon rasch genug die Wärme entziehen. Die Heizröhren dürfen nicht zu eng sein, damit die Heizgase in denselben nicht zu viel Reibung erfahren; sie erhalten einen Durchmesser von 70 bis 100 mm. Die Heizflächen solcher Kessel betragen bis 120 Quadratmeter.

Der Heizröhrenkessel wird gewöhnlich mit einer Unterfeuerung versehen, auch meistens wagerecht gelegt, da eine Schutzwirkung durch Neigen des kurzen Kessels nicht zu erzielen ist. Da sich übrigens der größte Theil des Schlammes und Kesselsteines dort ablagert, wo die Flamme auf den Kessel einwirkt, so eignet sich diese Kesselgattung nicht für Anlagen, wo schlechtes Speisewasser verwendet werden muß; es ist dann ein öfteres Schadhastwerden der Feuerplatten unvermeidlich.

Die Feuergase ziehen unter dem Kessel entlang (I), steigen am hinteren Kesselboden in einem gemauerten Schacht empor, treten in die Heizröhren (II) ein, in welchen sie sich nach vorn bewegen, um

nach dem Austritt aus denselben am vorderen Kesselboden umzukehren, an beiden Außenseiten des Kessels entlang wieder nach hinten zu ziehen, sich dort zu vereinigen und endlich vom Schornstein aufgenommen zu werden.

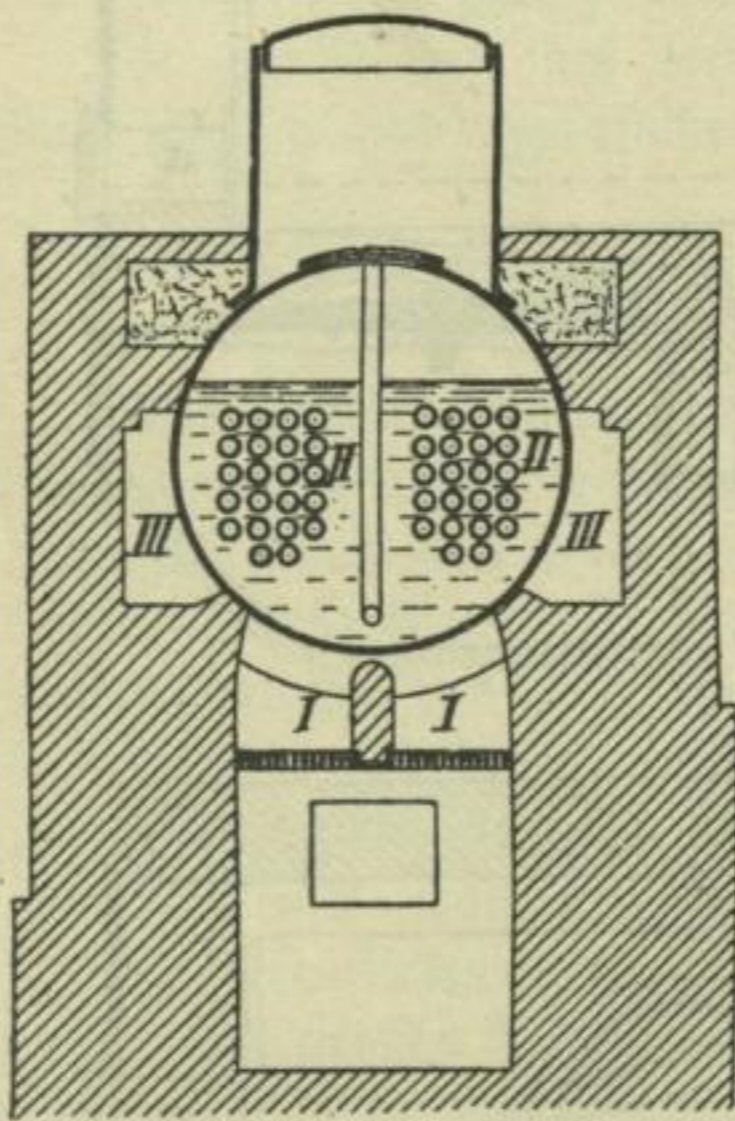


Fig. 41.

In seinen Eigenschaften steht der Heizröhrenkessel dem Flammenrohrkessel nahe. Die Dampferzeugungsfähigkeit ist indessen nicht die gleiche, was überrascht, da die vielen engen Heizröhren eine sehr rasche Wärmeaufnahme und reichliche Dampferzeugung vermuthen lassen. Leider füllen sich die Röhren im Betrieb allmählich mit Flugasche an, und läßt dann ihre Leistungsfähigkeit bald nach.

Es ist daher nur auf eine Verdampfung von 12 bis 15 kg auf den Quadratmeter Heizfläche in der Stunde zu rechnen. Da ferner der Wasserinhalt und der Dampfraum sowie der Wasserspiegel im Verhältnis zur Heizfläche des Kessels beträchtlich kleiner sind, als bei dem Flammenrohrkessel, so ist der Druck bei etwas unregelmäßigem Dampfverbrauch ziemlich wechselnd und der erzeugte Dampf nasser, als bei jenem Kessel.

Das Anheizen erfordert etwas weniger Zeit und Brennmaterial, als bei dem Flammenrohrkessel, weshalb der Heizröhrenkessel sich ebenfalls gut für den Betrieb mit Unterbrechungen eignet. Auch ist die Explosionsgefahr eine etwas geringere, als bei dem Flammenrohrkessel.

Die Reinigung, besonders die der Heizröhren, wird dagegen

recht erschwert; soll dieselbe eine gründliche sein, so müssen in gewissen Zeitabschnitten die Heizröhren einmal vollständig herausgenommen, gereinigt und dann wieder eingesetzt werden.

Andererseits bietet die Bauart wieder die Vortheile, daß der Kessel nicht zu schwer wird, zu seiner Aufstellung nur einen mäßigen Raum verlangt, nicht schwer herzustellen und daher auch nicht zu theuer im Bau ist.

### 5. Der zusammengesetzte Kessel.

Das Bestreben, Kesselarten zu erfinden, welche möglichst viele von den guten Eigenschaften der bisher erörterten besitzen und mit möglichst wenig Mängeln derselben behaftet sind, hat zahlreiche Kesselformen ins Leben gerufen, welche aus den einfacheren zusammengesetzt sind und dem gesteckten Ziel auch mehr oder weniger nahe kommen.

So sind Kesselanlagen errichtet worden, welche die Vereinigung eines Flammenrohrkessels mit einem darunter liegenden Siederohr oder zweier solcher Siederohre, ferner eines Flammenrohrkessels mit einem darüber gelegten Cylinderkessel, endlich auch eines liegenden Cylinderkessels mit einem stehenden Heizröhrenkessel oder sonst welche Zusammenstellungen bilden. Von diesen mannigfachen Kesselarten soll hier nur die gebräuchlichste derselben besprochen werden, die Verbindung eines Flammenrohrkessels mit einem Heizröhrenkessel, als deren Erfinder A. Tischbein gilt; dieselbe ist in Figur 42 im Aufriß und Grundriß und in Figur 43 im Querschnitt (nächste Seiten) dargestellt.

Der Unterkessel ist entweder mit einem Wellfeerrohr oder, wie gezeichnet, mit zwei Flammenrohren versehen, in welchen oft Gallowayröhren angeordnet sind.

Der Oberkessel, welcher die Form eines gewöhnlichen Heizröhrenkessels besitzt, wurde früher meistens mit dem Unterkessel durch zwei Stützen verbunden, und war dann der Unterkessel vollständig, der Oberkessel aber in üblicher Weise zum Theil mit Wasser gefüllt. Da unter diesen Umständen der im Unterkessel erzeugte Dampf, um in den Dampfraum zu gelangen, einen sehr langen Weg im Wasser zurückzulegen hatte und hierbei die Wassermasse des Kessels in lebhaftere Wallung versetzte, so wurde von ihm viel Wasser mit emporgerissen; hierzu trat als weiterer Mangel ein sehr kleiner Dampfraum. Der dem Kessel entnommene Dampf erwies sich daher stets als ein sehr nasser.

Man umgeht diesen Uebelstand, wenn man nach dem Vorgang Weinlig's auch den Unterkessel mit einem Dampfraum versieht und

den im Unterkessel erzeugten Dampf durch ein senkrecht und genügend weites Rohr *a* nach dem Dampfraum des Oberkessels heraufführt. Der Mantel des Oberkessels besitzt daher nur eine einzige Oeffnung, auf welche das Rohr *a* dicht aufgeschraubt ist. Im

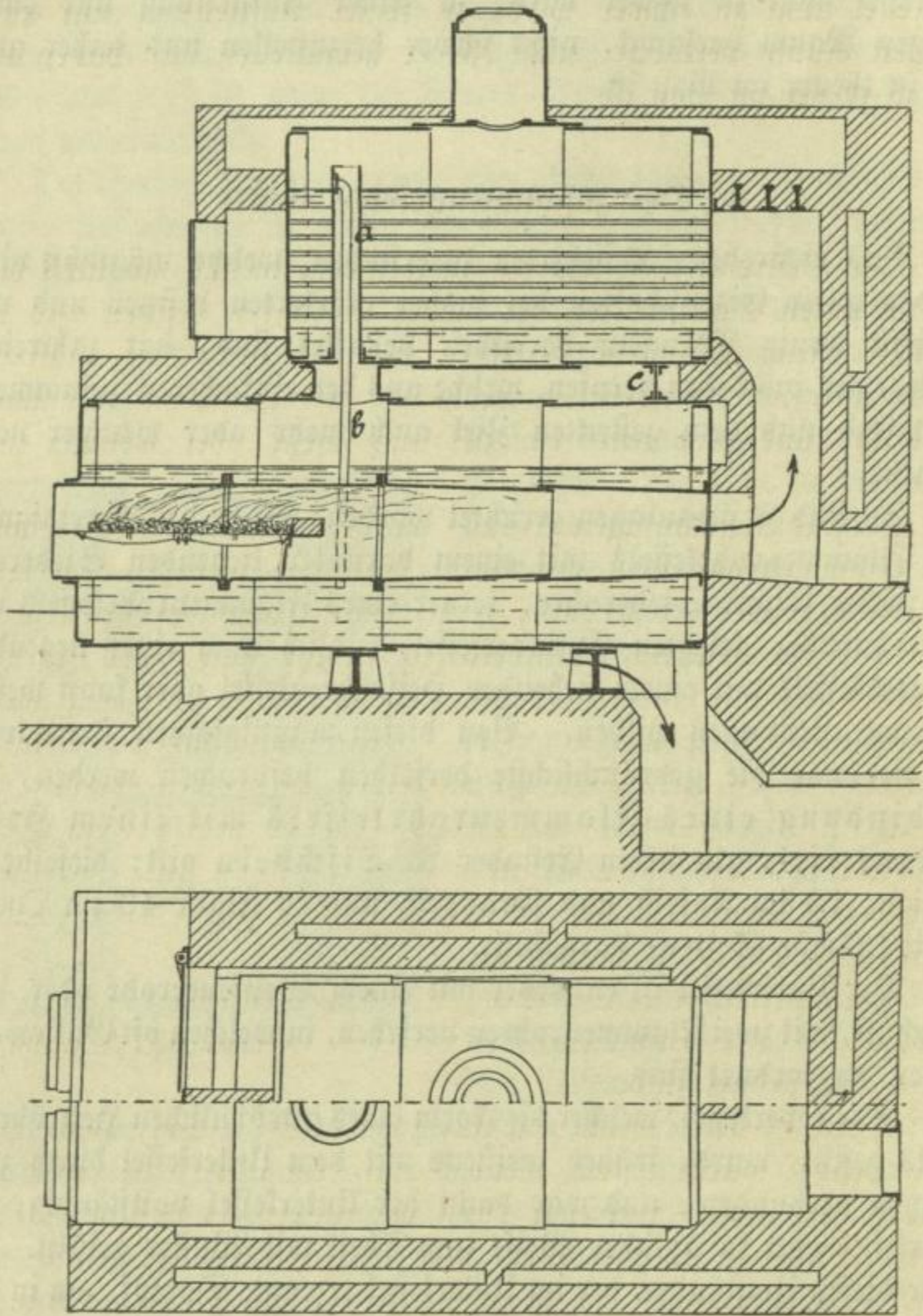


Fig. 42.

Inneren dieses Rohres ist nun in der Höhe der tiefsten Wasserstandsline des Oberkessels ein schwächeres Rohr *b* angebracht, welches bis in den Wasserraum des Unterkessels hinabreicht. Das frische Wasser wird stets dem Oberkessel zugeführt, welcher aber nicht höher gefüllt werden kann, als bis zur Mündung des Rohres *b*; alles

mehr zugeführte Wasser fließt durch das Rohr *b* herab nach dem, den größeren Theil des Dampfes erzeugenden und die größere Wassermenge verbrauchenden Unterkessel. Es ist daher im Allgemeinen nur die Beobachtung des Wasserstandes im letzteren nothwendig; der Oberkessel bleibt von selbst in richtigem Maße gefüllt.

An Stelle des zweiten Stützens wird ein aus starkem Blech hergestellter Fuß *c* angebracht.

Bezüglich der Größenverhältnisse der Tischbeinkessel kann auf die bei den Flammenrohr- und Heizröhrenkesseln gemachten Angaben verwiesen werden. Es ergeben sich Heizflächen bis zu 150 Quadratmeter; der Betriebsdruck beträgt bis zu 7 Atmosphären Ueberdruck.

Die Feuerungsanlage ist meistens eine Planrost-Innenfeuerung; doch wird auch zuweilen eine Vorfeuerung angewendet.

Die Flamme bestreicht zuerst die Flammenrohre (I). Aus den Flammenrohren steigen die Feuer-gase in einem gemauerten, oben abgedeckten Schacht nach oben, treten in die Heizröhren ein (II), durchziehen diese und wenden sich von der vorderen Stirnwand des Oberkessels nach unten, an die äußeren Oberflächen des Ober- sowie Unterkessels noch weiter Wärme abgebend, um endlich in den Fuchs einzutreten und von da nach dem Schornstein geführt zu werden.

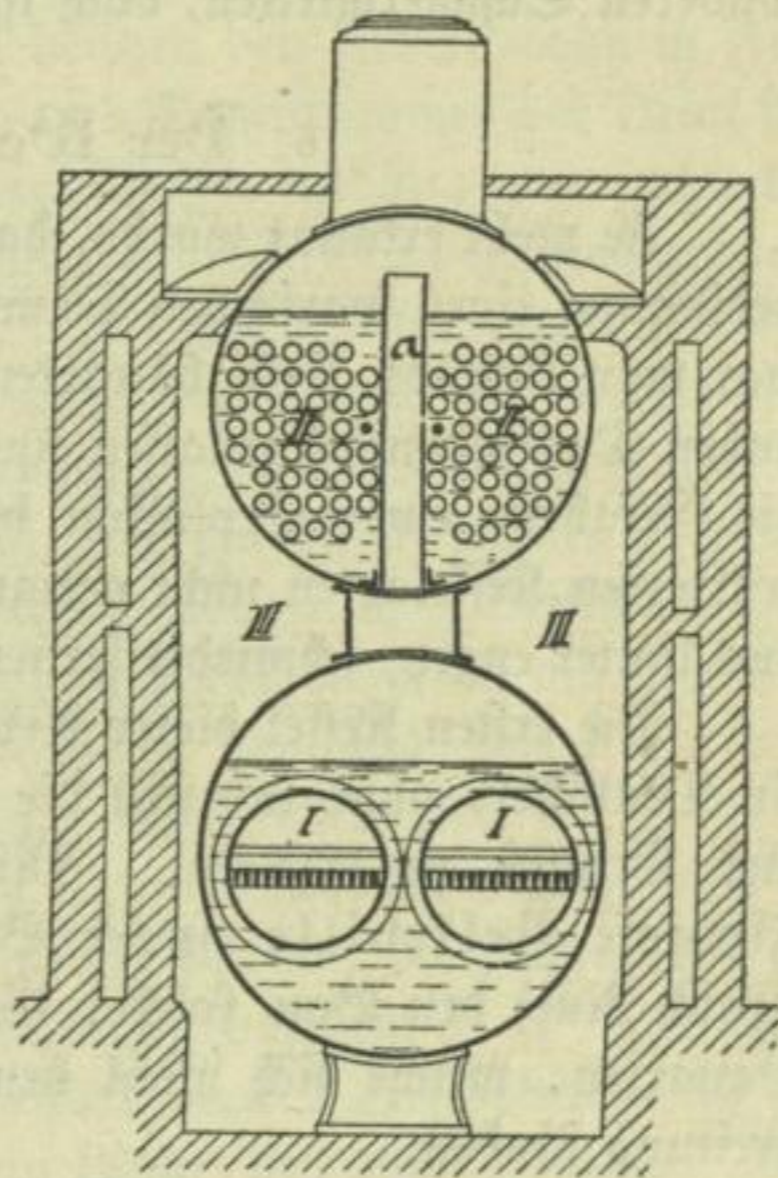


Fig. 43.

Der obere, innerlich vom Dampf berührte Theil des hinteren Bodens vom Unterkessel muß natürlich, damit er nicht durch die Flamme beschädigt wird, durch Mauerwerk geschützt werden; bei dem den Dampfraum umschließenden Manteltheil des Unterkessels ist diese Schutzmaßregel nicht erforderlich, da die Feuer-gase, wenn sie hier an den Kessel herantreten, bereits so weit abgekühlt sind, daß eine Beschädigung des Kessels ausgeschlossen ist.

Mit seinen Eigenschaften steht der Tischbeinkessel zwischen dem Flammenrohr- und dem Heizröhrenkessel; er erzeugt ebenfalls etwa 15 kg Dampf auf den Quadratmeter Heizfläche in der Stunde. Der Dampfdruck ist bei ungleichmäßigem Dampfverbrauch etwas schwankend und der erzeugte Dampf nicht ganz rein, da der Wasser-

inhalt, Dampfraum und Wasserspiegel im Verhältniß zur Heizfläche nicht sehr groß sind.

Das Anheizen erfordert nicht mehr Zeit und Brennmaterial, als bei den beiden Kesselarten, aus welchen er zusammengesetzt ist. Bezüglich der Explosionsgefahr steht er mit dem Flammenrohrkessel auf nahezu gleicher Stufe.

Die Reinigung des Kessels ist allerdings nicht gerade eine leichte oder bequeme Arbeit; im Röhrenkessel wird sie zum Theil zur Unmöglichkeit.

Das Gewicht ist noch ziemlich beträchtlich, der Raumbedarf dagegen gering. Die Herstellung des Kessels bietet zwar keine besonderen Schwierigkeiten, doch ist sie auch nicht billig.

### 6. Der Wasserröhrenkessel.

Je mehr erkannt wurde, daß ein hoher Dampfdruck die Grundbedingung eines sparsamen Dampfmaschinenbetriebes ist, um so mehr war man bemüht, Kesselbauarten zu erfinden, welche die Anwendung hohen Dampfdruckes zulassen und dabei doch große Sicherheit gegen die Gefahren einer Explosion bieten. Hierzu sind aber die bisher erörterten Kesselarten nicht geeignet, sondern nur solche Kessel, welche aus lauter engen, schmiedeeisernen Röhren bestehen.

Die ersten Kessel dieser Art baute Dr. Alban in Plauen, also ein Deutscher, ohne indessen die gebührende Anerkennung zu finden und Erfolge zu erzielen. Mit mehr Glück nahmen später der Franzose Belleville (sprich Bellwill) und der Amerikaner Root (sprich Rut) den Bau solcher Kessel in die Hand und gelangten zu Bauarten, welche sich wohl bewährten und bald eine große Verbreitung fanden.

Der Belleville-Kessel besteht aus einer großen Anzahl etwas geneigt liegender Röhren, welche in senkrechten Reihen geordnet sind; jede Reihe bildet eine zickzackförmige Linie, da die Neigung der Röhren wechselt. Die Verbindung der einzelnen Röhren ist in der Weise hergestellt, daß immer die Enden je zweier übereinander liegender Röhre in eine gußeiserne, geschlossene Kapsel münden. Die untersten Röhre aller Reihen sind mit dem einen Ende an ein waagrechtes Wassersammelrohr angeschlossen, die obersten Röhre dagegen an ein ebensolches Dampfsammelrohr. Der Kofst liegt unter den Röhren; die Flamme steigt senkrecht empor, umspült die bis zur halben Höhe der Reihen mit Wasser gefüllten Röhren und wird oben seitlich abgeführt.

Bei dem Root-Kessel liegen auch alle Röhren schräg, aber gleich stark nach derselben Richtung geneigt; auf die Röhrenden sind

gußeiserne Kapseln geschraubt, welche durch je ein besonders aufgeschraubtes, gußeisernes Bogenrohr mit der Kapsel des darüber- und des darunterliegenden Rohres in Verbindung stehen. Die tiefer gelegenen Enden der untersten Rohre aller Reihen sind durch Bogenstücke mit einem wagerechten Wassersammelrohr, die höher gelegenen Enden der obersten Rohre aller Reihen mit einem wagerechten Dampfsammelrohr verbunden. Die von dem Kofst aufsteigenden Feuergase werden, nachdem sie ihre Wärme an die Röhren abgegeben haben, wieder oben seitlich abgeleitet.

Während der Belleville-Kessel in Deutschland sich nur wenige Freunde erwarb, wurde der Koot-Kessel um so beliebter, und bald befaßten sich namhafte Fabriken mit dessen Bau.

Alle diese Wasserröhrenkessel besitzen den Fehler, daß in Folge des außerordentlich kleinen Wasser- und Dampfraumes der Druck stark schwankt und der erzeugte Dampf viel Wasser enthält; man suchte denselben dadurch zu beseitigen, daß man dem Kessel noch einen größeren Oberkessel hinzufügte, welcher zum Theil mit Wasser angefüllt wurde, so daß sich der Wasser- und Dampfraum wesentlich vergrößerte. Freilich büßte hierdurch der Kessel auch die werthvolle Eigenschaft ein, unter übersetzten und bewohnten Räumen aufgestellt werden zu dürfen (vergleiche § 14 Absatz 3 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen).

Die Firma Walthers & Co. in Kalk bei Köln am Rhein erbaut ihre Koot-Kessel mit Vorliebe in der aus den Figuren 44 (Längsschnitt) und 46 (Stirnanficht) ersichtlichen Art.

Die Verbindung der Röhren *a* untereinander erfolgt nach Art des ursprünglichen Koot-Kessels mittelst der auf die Röhrenden aufgeschraubten Kapseln *b* und Verbindungsbogenstücke *c*. Die wagerechten Rohrreihen sind gegeneinander derart verschoben, daß stets über einen Röhrenzwischenraum ein Rohr der höhergelegenen Reihe zu liegen kommt, wodurch die Feuergase gezwungen werden, auf dieses senkrecht zu stoßen. Weitere Bogenstücke *c'* stellen die Verbindung der Röhren mit dem Wassersammelrohr *d* und dem Dampfsammelrohr *e* her.

Um den Wasserraum und Dampfraum zu vergrößern, liegen über dem Kessel je nach der Größe desselben ein oder zwei zur Hälfte mit Wasser gefüllte, cylindrische Oberkessel *f*, welche vorn durch Rohrstutzen *g* mit dem Dampfsammelrohr, hinten aber mit dem Wassersammelrohr durch ein oder zwei Rohre *h* verbunden sind.

Durch diese Rohrverbindungen wird nun ein ungemein lebhafter Umlauf des gesammten Kesselwassers erzielt; denn der aus einem Gemisch von Wasser und Dampf bestehende Inhalt der Röhren *a* strömt in Folge seines leichteren Gewichtes kräftig nach dem oberen Ende der Röhren und durch die Bogenstücke nach dem Oberkessel

empor, während den unteren Röhrenden durch die Röhre *h*, das Wassersammelrohr und die hinteren Bogenstücke aus dem Oberkessel in gleichem Maße wieder Wasser zugeführt wird.

Um möglichst trockenen Dampf zu erzielen, wird derselbe durch ein nach dem hinteren Ende des Oberkessels geführtes Rohr *l* über

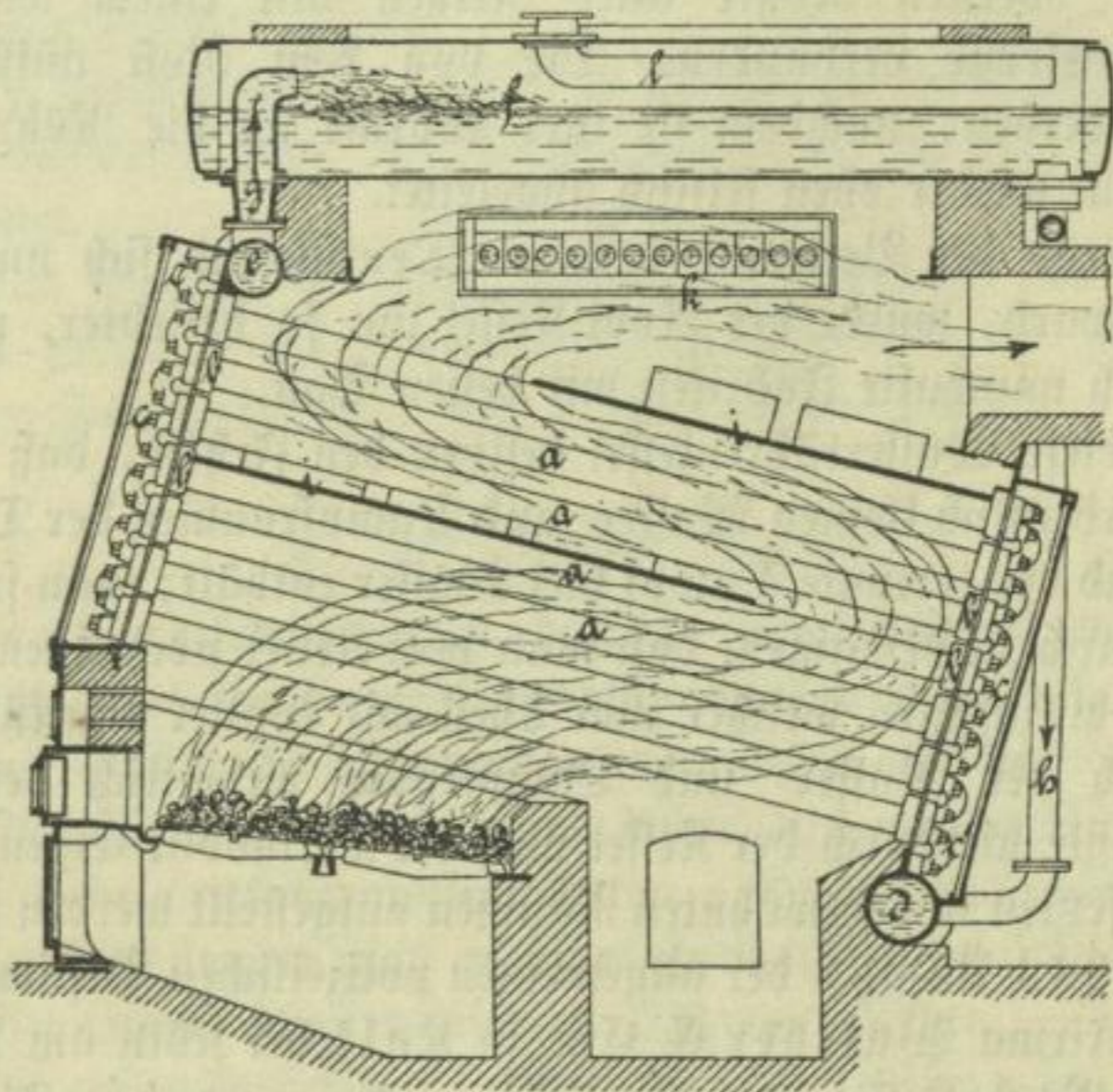


Fig. 44.

dem dort wesentlich ruhigeren Wasserspiegel dem Kessel entnommen und dann außerhalb des Kessels durch eine auf dem Oberkessel befestigte, in Figur 45 dargestellte Vorrichtung, einen sogenannten Wasserabscheider, geleitet.

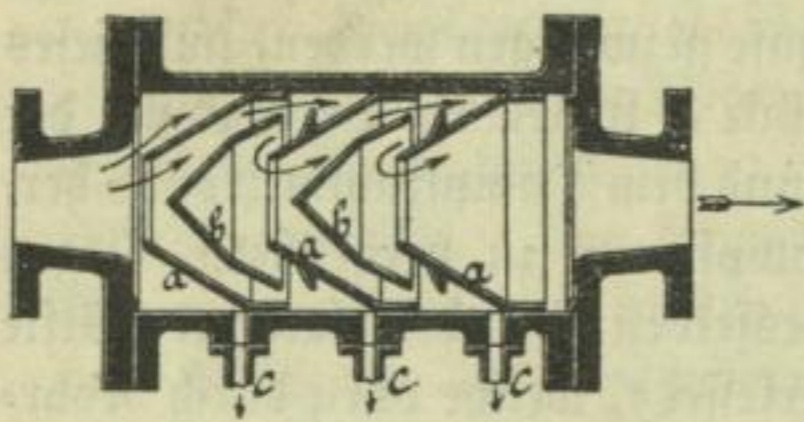


Fig. 45.

Diese von Ehlers erfundene Vorrichtung (Patent) besteht aus drei Trichtern *a* mit abgeschrittener Spitze und zwei vollen, aber etwas kleineren Trichtern *b*, welche sämtlich in einem Gehäuse befestigt sind. Die Wasserperlen des in der Richtung der Pfeile durch den Wasserabscheider strömenden Dampfes

werden nun auf die mit vorspringenden Rändern versehenen Wandflächen der abgeschrittenen Trichter geschleudert, rieseln an diesen Flächen nach unten und fließen schließlich durch die Röhre *c* in den Kessel zurück. Versuche haben ergeben, daß die Vorrichtung recht zufriedenstellend wirkt.



Die im Feuerraum gebildeten Heizgase werden durch die auf die Rohrreihen gelegten Platten *i* gezwungen, sich an den unteren Rohrreihen entlang mehr nach hinten zu bewegen, an den oberen Reihen aber wieder nach vorn zurückzukehren; sie treten hierauf, nachdem sie erst noch das in den Röhren *k* durch den oberen Raum der Einmauerung geführte Speisewasser erwärmt haben, durch den Fuchs in den Schornstein.

Es mag noch bemerkt werden, daß Walthers & Co. besonderen Werth darauf legen, einen in viele Theile zerlegbaren Kessel zu erhalten, so daß ein schadhaft gewordenes Stück rasch durch ein bereit gehaltenes ersetzt werden kann.

Die Fabrik L. & C. Steinmüller in Summersbach (Rheinprovinz) baut Koot-Kessel der auf den nächsten Seiten in Figur 47 (Längsschnitt) und Figur 48 (Stirnansicht) dargestellten Art.

Die Röhren *a* sind wieder, wie bei dem Kessel von Walthers & Co., in senkrechten Reihen derart angeordnet, daß stets über dem Zwischenraume zweier benachbarter Röhren ein drittes Rohr zu liegen kommt, und daher die Feuergase immer senkrecht auf die Röhren stoßen. Die Verbindung der Röhren erfolgt nun aber nicht durch Kapseln und Bogenstücke, sondern durch flache, schmiedeeiserne Kästen *b*, in welche die Röhren münden. Die Wand der Kästen, in welcher die Röhren befestigt sind, und die gegenüberliegende Wand stehen durch eine größere Anzahl Stehbolzen (vergleiche Figur 8) mit einander in Verbindung und werden hierdurch gegen Ausbauchungen geschützt. Zwei Rohrstutzen *c* verbinden die Kästen *b* mit dem Oberkessel *d*.

Während nun bei dem „Walthers-Kessel“ die innere Reinigung der Röhren das Entfernen der Bogenstücke erforderlich macht, sind zu diesem Zweck bei dem „Steinmüller-Kessel“ den Röhren gegenüber in der äußeren Kastenwand kreisrunde Oeffnungen angebracht. Diese Oeffnungen sind durch Deckel geschlossen, welche mittelst in die Kastenwand eingeschraubter Stiftschrauben und Muttern, unter Zuhilfenahme von übergeschobenen Krampen in die Oeffnungen gepreßt werden (vergleiche den linken Theil der Figur 48). Soll eine innere Reini-

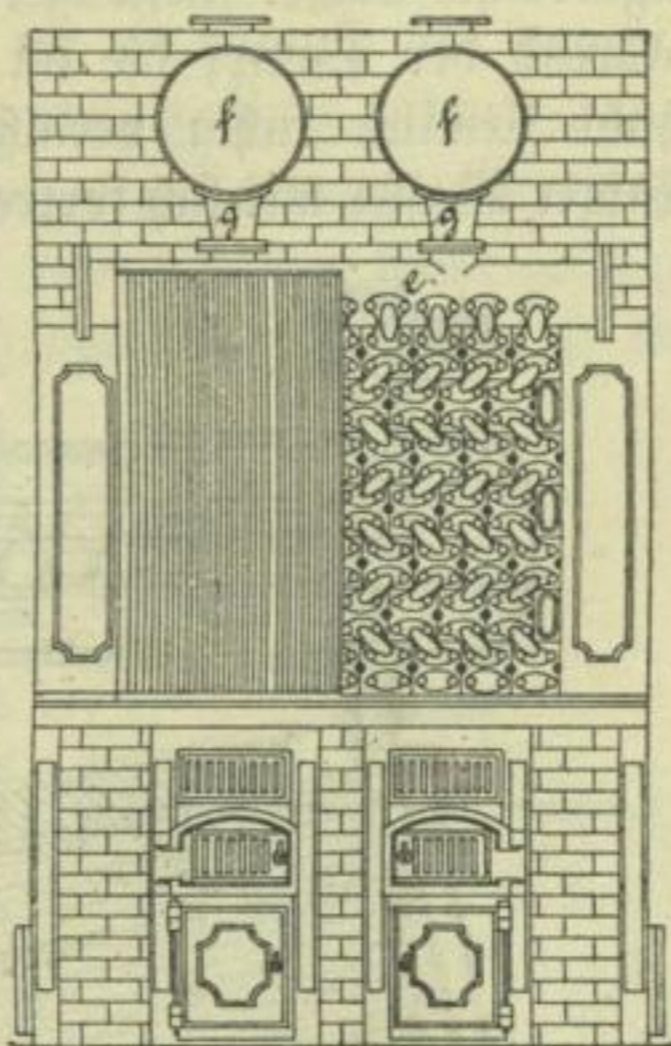


Fig. 46.

gung der Röhren erfolgen, so ist hierzu natürlich die Entfernung aller diese Müttern, Krampen und Deckel erforderlich.

Um trockneren Dampf zu erzielen, ist hier in den Oberkessel ein breiter Trog *e* gelegt, in welchem sich das aus dem Kessel heraufsteigende Dampf- und Wassergemisch ausbreitet; durch in dem Trog angebrachte Löcher fließt das Wasser wieder in den Oberkessel herab, während der Dampf die im Trog sich ausbreitende dünne Wasserschicht ziemlich ruhig verläßt und in Folge dieses Umstandes weit weniger Wasser mit sich fortreißt, als wenn er dem Rohrstutzen *c*, mit

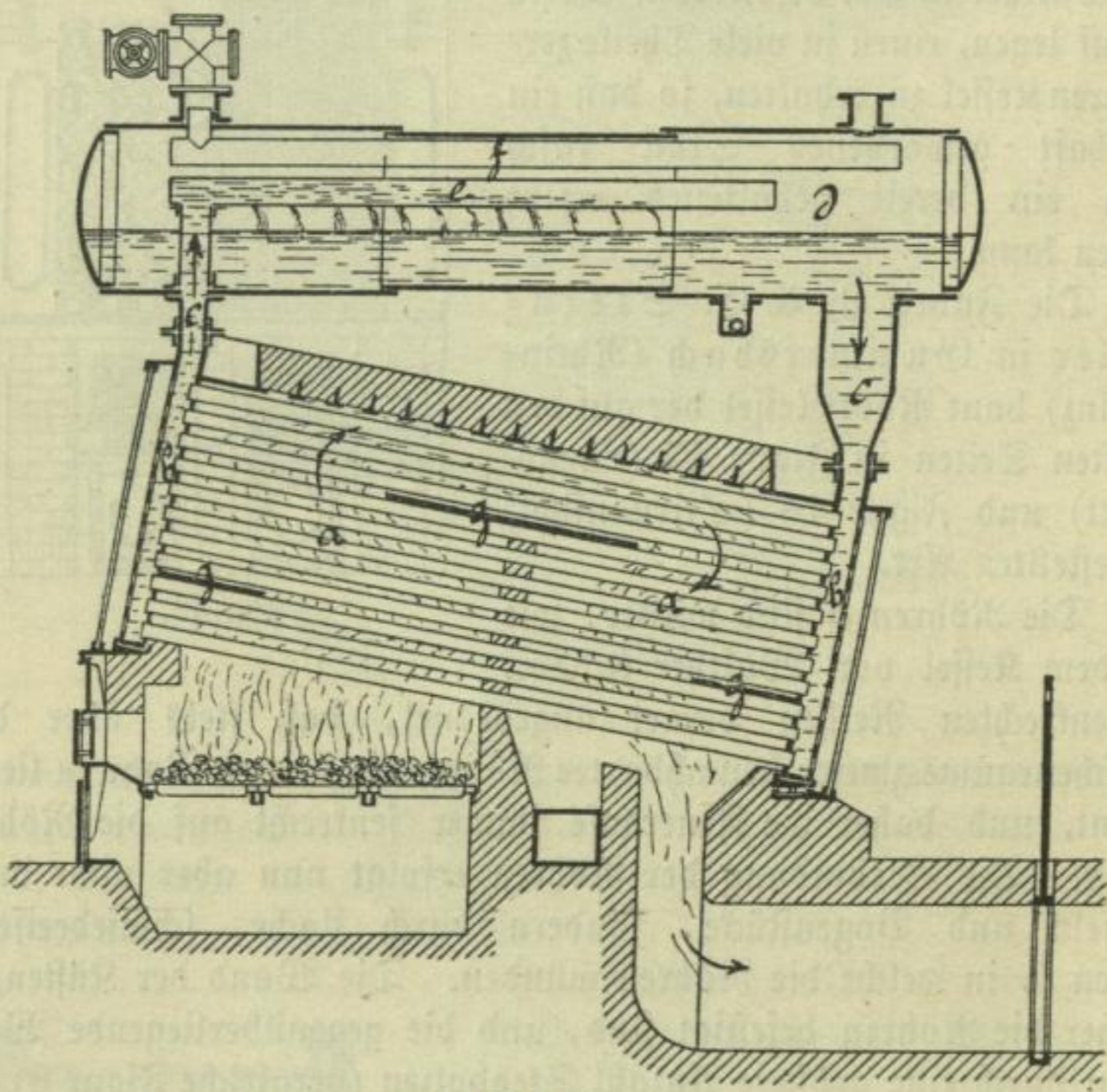


Fig. 47.

Wasser vermischt, unmittelbar entströmte. Endlich holt auch das Dampfentnahmerohr *f*, welches nach dem hinteren Ende des Oberkessels reicht und dort offen ist, den Dampf von dort herbei, wo er am trockensten ist, so daß schließlich der dem Kessel entnommene Dampf verhältnißmäßig wenig Wasser enthält.

Die Führung der Feuergase ist aus Figur 47 ersichtlich, und bedarf es nur des Hinweises, daß *g* wieder gußeiserne Platten sind, welche den Feuergasen ihren Weg vorschreiben, während zu dem gleichen Zwecke die Feuerbrücke bis zur mittelsten dieser Platten erhöht ist.

Es ist endlich hervorzuheben, daß die Steinmüller'sche Bauart das Ziel verfolgt, dem Wasser einen recht ungehinderten Umlauf zu verschaffen, was bei dem Walther-Kessel in Folge der zahlreichen Bogenstücke nicht in dem Maße erreicht wird.

Dem Steinmüller-Kessel sehr ähnliche Wasserröhrenkessel bauen auch A. Büttner & Co. in Herdingen am Rhein und Breda & Co. in Schkeuditz bei Leipzig.

Bei den Wasserröhrenkesseln von Kost & Co. in Dresden und Dürr & Co. in Ratingen kommen ebenfalls geneigte Röhren zur Verwendung, welche aber an dem tieferliegenden Ende geschlossen und nach Art der Fiedröhren (vergleiche Figur 50) mit je einem inneren, am unteren Ende offenen Rohre versehen sind. In dem inneren Rohre fließt das vom Oberkessel kommende Wasser nach unten; in dem ringförmigen Raum zwischen dem inneren und dem äußeren, von den Feuergasen berührten Rohr kehrt es wieder zurück, um als Dampf- und Wassergemisch nach dem Oberkessel empor zu steigen.

Während nun bei dem Kost'schen Kessel die oberen Röhrenden nach Art des Walther-Kessels durch gußeiserne Kappen unter sich und mit dem Oberkessel in Verbindung stehen, findet hierzu bei dem Dürr'schen Kessel, wie bei dem Steinmüller-Kessel, ein schmiedeeiserner, flacher Kasten Verwendung. Damit der Umlauf des Wassers in der angegebenen Weise gesichert ist, sind alle Verbindungen in zwei Theile getrennt, beziehungsweise zweikammerig hergestellt.

Endlich ist der Wasserröhrenkessel von J. S. Schmidt, welchen das Röhrenwalzwerk von S. Huldshinsky & Söhne in Gleiwitz ausführt, zu erwähnen.

Meistens erhalten die Wasserröhrenkessel Planrost-, zuweilen auch Treppenrostfeuerungen; sie werden im Allgemeinen mit Heizflächen bis zu 300 Quadratmetern und für einen Betriebsüberdruck bis zu 12 Atmosphären erbaut.

Die Wasserröhrenkessel besitzen folgende Eigenschaften:

Da sowohl die Feuergase immer wiederholt senkrecht auf die Röhren aufstoßen und durch die Röhren in viele schmale Ströme

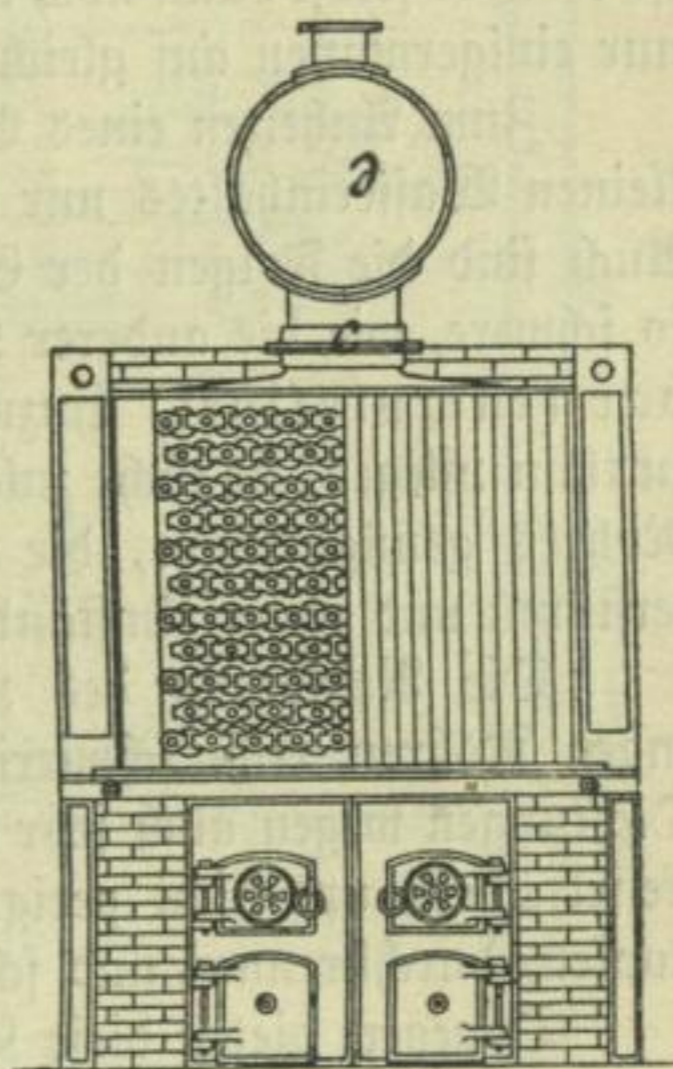


Fig. 48.

getheilt werden, und da ferner das Wasser in den Röhren in sehr raschem Umlauf und noch dazu im Gegenstrom sich befindet, so ist auch die Dampferzeugung eine reichliche; dieselbe beträgt 12 bis 18 kg stündlich für den Quadratmeter Heizfläche. Da aber der Wasserinhalt, der Dampfraum und der Wasserspiegel im Verhältniß zur Heizfläche sehr klein sind, so schwankt auch der Dampfdruck, selbst bei ziemlich gleichmäßigem Dampfverbrauch, noch stark, und ist von einem solchen Kessel, trotz aller besonderen Hilfsmittel, kein reiner, trockener Dampf zu erhalten. Die Kessel eignen sich daher nur für den Betrieb von Dampfmaschinen in Fabriken und sonstigen Anlagen, welche möglichst gleichmäßigen Kraftbedarf haben. Für den Heizer ist es aber selbst dann noch außerordentlich schwierig, den Dampfdruck nur einigermaßen auf gleicher Höhe zu halten.

Zum Anheizen eines Wasserröhrenkessels bedarf es infolge des kleinen Wasserinhaltes nur kurzer Zeit und wenig Brennmaterial. Auch sind die Folgen der Explosion eines solchen Kessels keineswegs so schwere, wie die anderer Kessel; ihn indessen als nicht explosibar (inexplosibel) hinzustellen, wie die Fabrikanten desselben oft zu thun pflegen, ist nicht zulässig; denn das Aufplatzen eines einzigen Rohres genügt schon, die Einmauerung des Kessels theilweise zu zerstören und unter Umständen den Heizer tödtlich zu verletzen.

Die Reinigung des Kessels ist natürlich infolge der vielen engen Röhren recht schwierig und der vielen Verschraubungen und Dichtungen wegen auch sehr mühevoll; für schlechtes Wasser sind diese Kessel überhaupt nicht geeignet, da sich dann die Röhren leicht verstopfen, durchbrennen und schließlich aufreißen.

Dagegen bieten diese Kessel den Vortheil, wenig Raum zu beanspruchen und sehr leicht zu sein; ihre Herstellung, welche viel Arbeit erfordert, ist allerdings nicht billig.

### B. Die halbbeweglichen Dampfkessel.

Den Uebergang zu den beweglichen Dampfkesseln bilden die sogenannten halbbeweglichen, nicht eingemauerten Kessel, zu deren Aufstellung es entweder so wenig Mauerwerkes bedarf, daß eine Veränderung des Aufstellungsortes nur wenig Zeit und Arbeit erfordert, oder welche, falls der Kessel gar kein Mauerwerk besitzt, durch Unterbau eines Wagens ohne viele Umstände in einen beweglichen vermandelt werden können. Es lassen sich bei diesen Kesseln, je nachdem dieselben mit Siederöhren oder Heizröhren versehen werden, zwei Arten unterscheiden.

Man unterscheidet zwei Arten halbbeweglicher Dampfkessel:

### 1. Der Feuerbüchsenkessel mit Siederöhren.

Der in Figur 49 dargestellte Kessel kennzeichnet sich als ein stehender Feuerbüchsenkessel mit Siederöhren.

Derselbe besteht aus dem Außenkessel *a* und der Feuerbüchse *b*. Die Decke des Außenkessels und der Feuerbüchse erhalten gewöhnlich eine gewölbte Form; beide Decken werden durch das Rauchrohr *c* verbunden. Damit letzteres nicht durch die Feuer gasen beschädigt wird, bringt man in demselben ein etwa 60 bis 80 mm engeres, eisernes Schutzrohr *d* aus schwachem Blech an.

In der Feuerbüchse werden nun wagerechte oder schwach geneigt liegende Siederöhren angeordnet. Der von H. Lachapelle (sprich Laschapell) erfundene Kessel dieser Art besitzt 3 bis 4 wagerechte, sich kreuzende Siederöhre von etwa 200 bis 250 mm Durchmesser; doch wird auch häufig an die Stelle jedes Siederohres ein Rohrbündel von 5 etwa 60 bis 70 mm weiten Röhren gesetzt, wodurch dann der Kessel die in Figur 49 dargestellte Gestalt erhält. Der Grundriß des Kessels läßt die gegenseitige Lage der Siederöhren *e* erkennen.

Um die Röhren reinigen zu können, müssen im Mantel des Außenkessels den Rohrbündeln gegenüber Reinigungsöffnungen *f* angebracht werden.

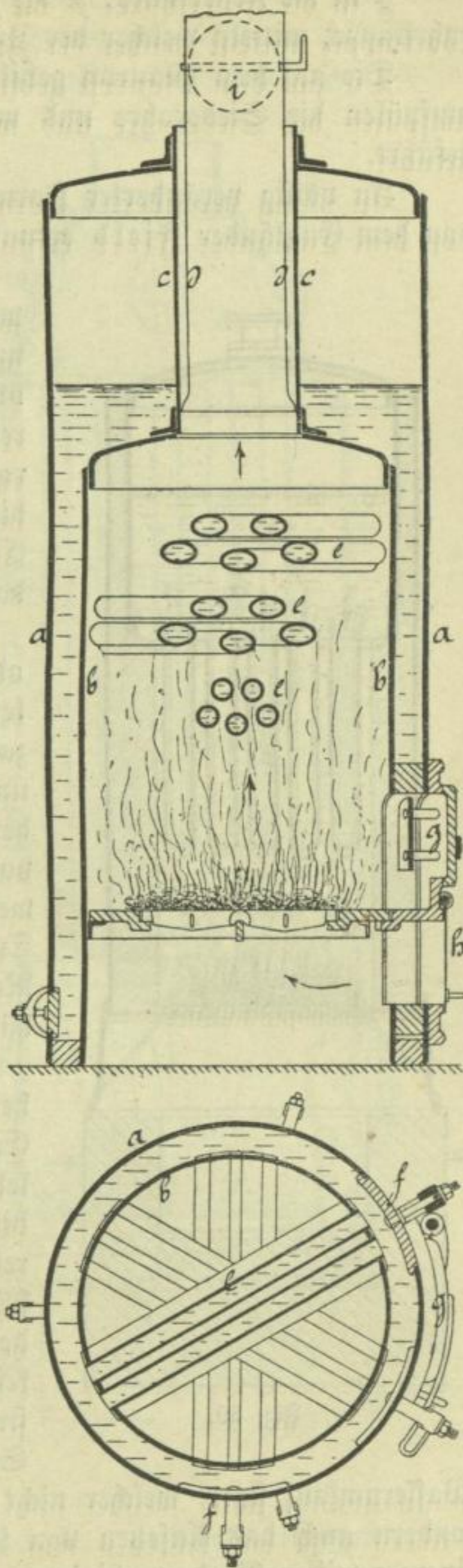


Fig. 49.

*g* ist die Feuerthüre, *h* die Aschenfallklappe und *i* eine Rauchrohrklappe, mittelst welcher der Zug regulirt werden kann.

Die auf dem Planrost gebildeten Gase steigen senkrecht empor, umspülen die Siederöhre und werden durch den Schornstein abgeführt.

In völlig veränderter Form finden die Siederöhren bei dem von dem Engländer Field erfundenen Kessel Anwendung.

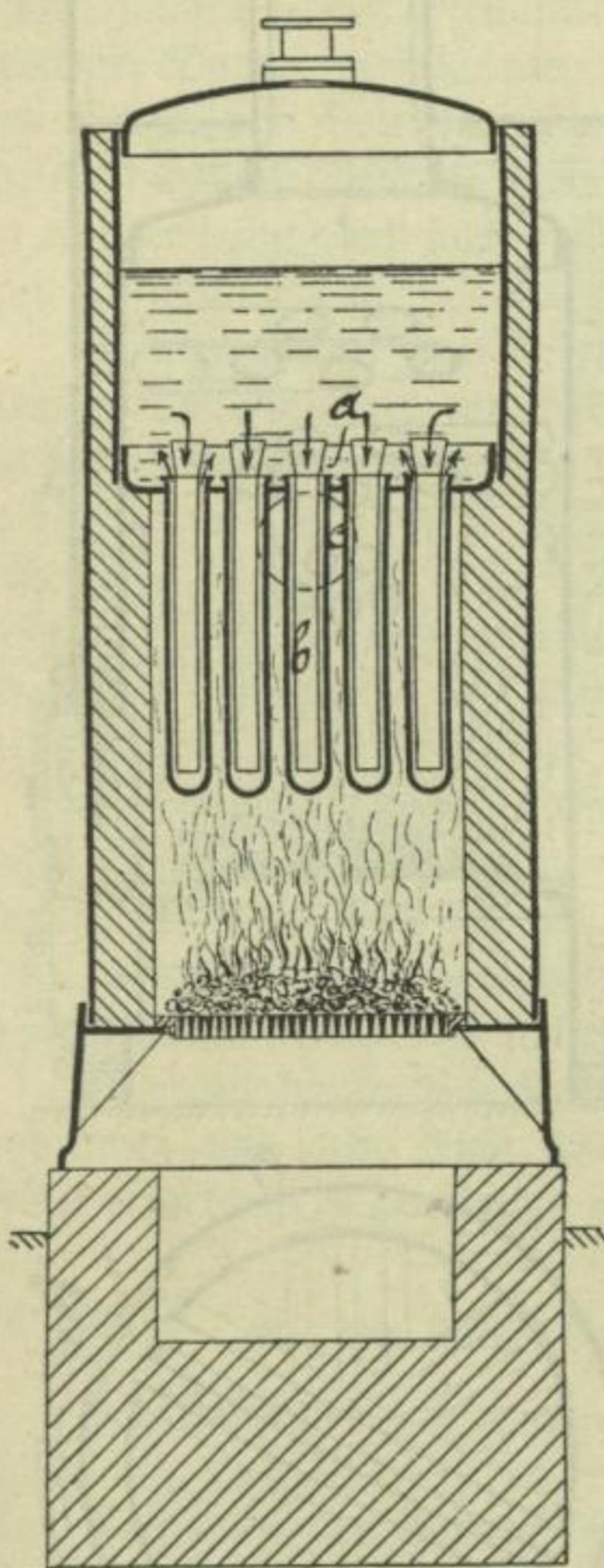


Fig. 50.

Wasserumlauf statt, welcher nicht nur die Dampfbildung verstärkt, sondern auch das Ansetzen von Kesselstein in den Röhren bis zu einem gewissen Grade verhindert.

Bei der in Figur 50 dargestellten kleinen Anlage sind der

Die Grundform des Kessels ist wieder die eines Feuerbüchsenkessels mit einem senkrechten, oder vom oberen Rande der Feuerbüchse waagrecht nach außen geführten Rauchrohr; kleinere Kessel erhalten wohl auch die Form eines einfachen stehenden Cylinderkessels, wie der in Figur 50 dargestellte.

Von der Decke der Feuerbüchse oder dem Boden des Cylinderkessels hängt nun eine große Anzahl etwa 60 bis 70 mm weiter, unten geschlossener Siederöhren *b* herab, welche mit dem Hammer von innen festgeschlagen und in welche engere, oben mit einem Trichter versehene und unten offene Röhre aus dünnem Blech eingehängt werden.

In dem Zwischenraum der beiden Röhre findet infolge der Einwirkung der Flamme eine sehr lebhaftere Verdampfung statt; der gebildete Dampf steigt rasch empor und reißt das ihn umgebende Wasser kräftig mit sich fort, demzufolge in dem inneren Rohr aus dem Hauptkessel wieder frisches Wasser herabströmt. Es findet daher in den Siederöhren ein sehr lebhafter

Feuerraum und der Hauptkessel von feuerfestem Mauerwerk umgeben, welches letztere des Zusammenhaltes und besseren Aussehens wegen mit einem Blechmantel umhüllt werden muß. Die Feuergase werden durch das seitliche Rauchrohr *c* nach dem Schornstein geführt.

## 2. Der Feuerbüchsenkessel mit Heizröhren.

Der in Figur 51 dargestellte, sehr gebräuchliche Kessel ist als ein stehender Feuerbüchsenkessel mit Heizröhren zu bezeichnen.

Er besteht wieder aus einem cylindrischen Außenkessel *a*, einer verhältnißmäßig niedrigen Feuerbüchse *b* und einer größeren Anzahl von der Decke der Feuerbüchse zur Decke des Außenkessels führenden Heizröhren *c*.

*f* sind durch Deckel verschließbare Reinigungsöffnungen.

Die Feuerungsanlage bildet meistens ein in die Feuerbüchse gelegter Planrost, welcher durch die Feuerthüre *d* bedient wird.

Die Feuergase steigen in der Feuerbüchse senkrecht empor, treten in die Heizröhren ein, um, nachdem sie dieselben durchzogen haben, in der trichterförmigen Rauchkammer *e* wieder gesammelt und durch ein Rauchrohr nach dem Schornstein geführt zu werden.

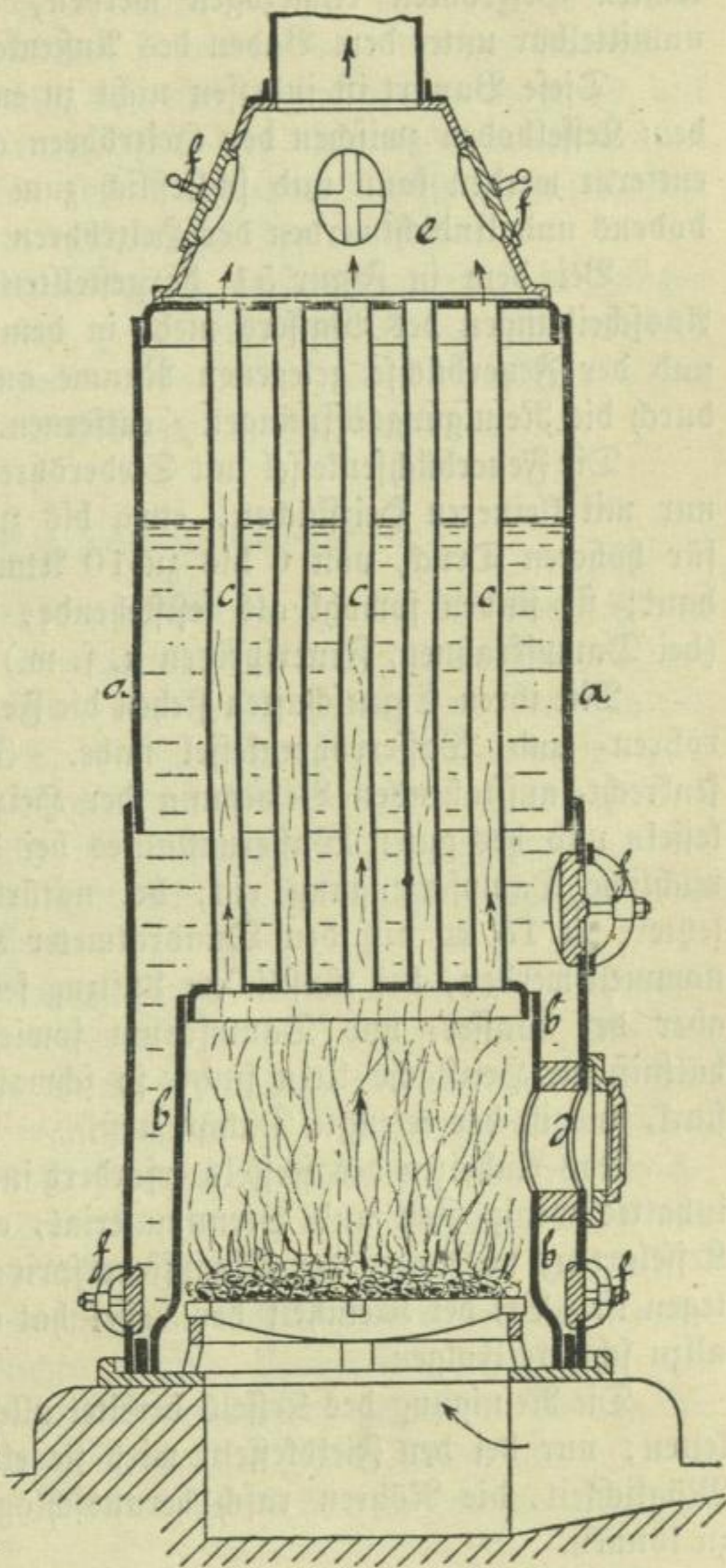


Fig. 51.

Eine häufig angewendete Abart dieses Kessels ergibt sich, wenn die Feuerbüchse fortgelassen wird, und der Außenkessel nur eine ebene Decke und einen ebenen Boden erhält, zwischen welchen die senkrechten Heizröhren eingezogen werden; die Feuerung liegt dann unmittelbar unter dem Boden des Außenkessels.

Diese Bauart ist indessen nicht zu empfehlen, da der sich auf dem Kesselboden zwischen den Heizröhren ablagernde Kesselstein nicht entfernt werden kann und schließlich zum Durchbrennen des Kesselbodens und Undichtwerden der Heizröhren Anlaß giebt.

Bei dem in Figur 51 dargestellten Kessel sammeln sich die Ausscheidungen des Wassers mehr in dem zwischen dem Außenkessel und der Feuerbüchse gelegenen Raume an; sie lassen sich von hier durch die Reinigungsöffnungen *f* entfernen.

Die Feuerbüchsenkessel mit Siederöhren oder Heizröhren werden nur mit kleineren Heizflächen, etwa bis zu 30 Quadratmeter, und für höheren Druck, von 6 bis zu 10 Atmosphären Ueberdruck, erbaut; sie finden sowohl als feststehende, wie als bewegliche Kessel (bei Dampftrahnen, Feuerspritzen u. s. w.) gern Verwendung.

Mit ihren Eigenschaften stehen die Feuerbüchsenkessel dem Heizröhren- und Wasserröhrenkessel nahe. In Folge der wiederholt senkrecht aufstoßenden Bewegung der Heizgase bei den Lachapellekesseln und des guten Wasserumlaufes bei den Fieldkesseln tritt eine reichliche Dampferzeugung ein; bei natürlichem Luftzuge kann die letztere zu 15 kg auf den Quadratmeter Heizfläche stündlich angenommen werden, bei künstlichem Luftzug selbst bis zu 20 kg. Da aber der Wasser- und Dampfraum sowie Wasserspiegel im Verhältniß zur Heizfläche klein sind, so schwankt auch der Dampfdruck stark, und ist der erzeugte Dampf naß.

Das Anheizen des Kessels erfordert infolge des kleinen Wasserinhaltes wenig Zeit und Brennmaterial, auf welchen Umstand bei Kesselarten, wie denen der Dampffeuerspritzen, besonderer Werth zu legen ist. Bei der Kleinheit der Kessel hat auch eine Explosion nicht allzu schwere Folgen.

Die Reinigung des Kessels bereitet allerdings einige Schwierigkeiten; nur bei den Fieldkesseln wird sie etwas erleichtert durch die Möglichkeit, die Röhren rasch herauszuschlagen und wieder einsetzen zu können.

Der Raumbedarf und das Gewicht der Kessel sind mäßig; die Herstellung verlangt der Feuerbüchse wegen etwas mehr Kunstfertigkeit und vertheuert sich dadurch etwas.



### C. Die beweglichen Dampfkessel.

Die dritte und letzte Art der Dampfkessel ist die der beweglichen; bei denselben kommt es hauptsächlich darauf an, daß der Kessel möglichst leicht ist, wenig Raum einnimmt oder den zur Verfügung stehenden Raum gut ausnützt und auf diesem Raum möglichst viel Dampf erzeugt. Hieraus ergibt sich, daß diese Kessel keinen großen Wasserinhalt besitzen dürfen und mit einer möglichst großen Anzahl von Siede- oder Heizröhren versehen werden müssen.

Aber auch die Feuerungsanlage muß besondere Bedingungen erfüllen; der Koft darf nicht groß sein, und ist nur ein möglichst leichter, niedriger Schornstein anwendbar. Die beweglichen Kessel werden daher meistens mit künstlichem Luftzug betrieben.

#### 1. Der Lokomotivkessel.

Der Erfinder des Lokomotivkessels, wie derselbe sich jetzt noch in den Grundzügen unverändert im Gebrauch befindet, ist der Engländer George Stephenson (sprich Stiefenson), der zugleich als der Erbauer der ersten, wirklich brauchbaren Lokomotive gilt. Ihm gebührt vor allen Dingen das Verdienst, zuerst eine Feuerbüchse, enge Heizröhren und die Blasrohreinrichtung für den Lokomotivkessel in Anwendung gebracht zu haben; der Erfolg dieser Neuerungen war ein glänzender.

Die Bauart des Lokomotivkessels in seiner heutigen Gestalt ist aus den Figuren 52 (Längsschnitt) und 53 (Querschnitt, auf den nächsten Seiten) ersichtlich, welche den Kessel einer der neueren Personenzug-Lokomotiven der sächsischen Staats-Eisenbahnen darstellen.

Der schrägliegende Koft ist in der Feuerbüchse *a* untergebracht, welche von dem mit der Feuerthür versehenen Außenmantel *b* umgeben wird. An den letzteren schließt sich der cylindrische Langkessel *c* an, welcher sich vorn zu der mit dem Schornstein versehenen Rauchkammer *d* erweitert. Zwischen je einer Wand der Feuerbüchse und der Rauchkammer, den beiden Rohrwänden, erstrecken sich nun die zahlreichen schmiedeeisernen Heizröhren *e* (210 Stück mit 40 mm lichter Weite, 2 $\frac{1}{2}$  mm Wandstärke und 3,258 m Länge). *f* ist der Dampfdom.

Da die Temperatur in der Feuerbüchse eine sehr hohe ist, so würde eine schmiedeeiserne Feuerbüchse rasch zu Grunde gehen; sie wird daher aus dem zäheren Kupfer hergestellt.

Die Feuerbüchse und der Außenmantel sind nur, damit sie dem Dampfdruck den erforderlichen Widerstand zu leisten vermögen, durch

zahlreiche Stehbolzen (vergleiche Figur 8, Seite 68), die Seitenwände des Außenmantels mit einander in gleicher Absicht durch vier starke, an aufgenietete Winkelleisen befestigte Schienenanker verbunden. Doch kann die Decke der Feuerbüchse auch durch Schienen, an welche dieselbe aufgehängt wird, versteift werden (vergleiche Figur 9, Seite 68). Endlich ist die mit dem Feuerloch versehene Rückwand des Außenmantels in ihrem oberen Theile durch einen eingewinkelten Blechstreifen versteift.

Das bis in den oberen Theil des Dampfdomes geführte Rohr *l* ist an seinem Kopfe mit einem Absperrschieber ausgerüstet, nimmt den

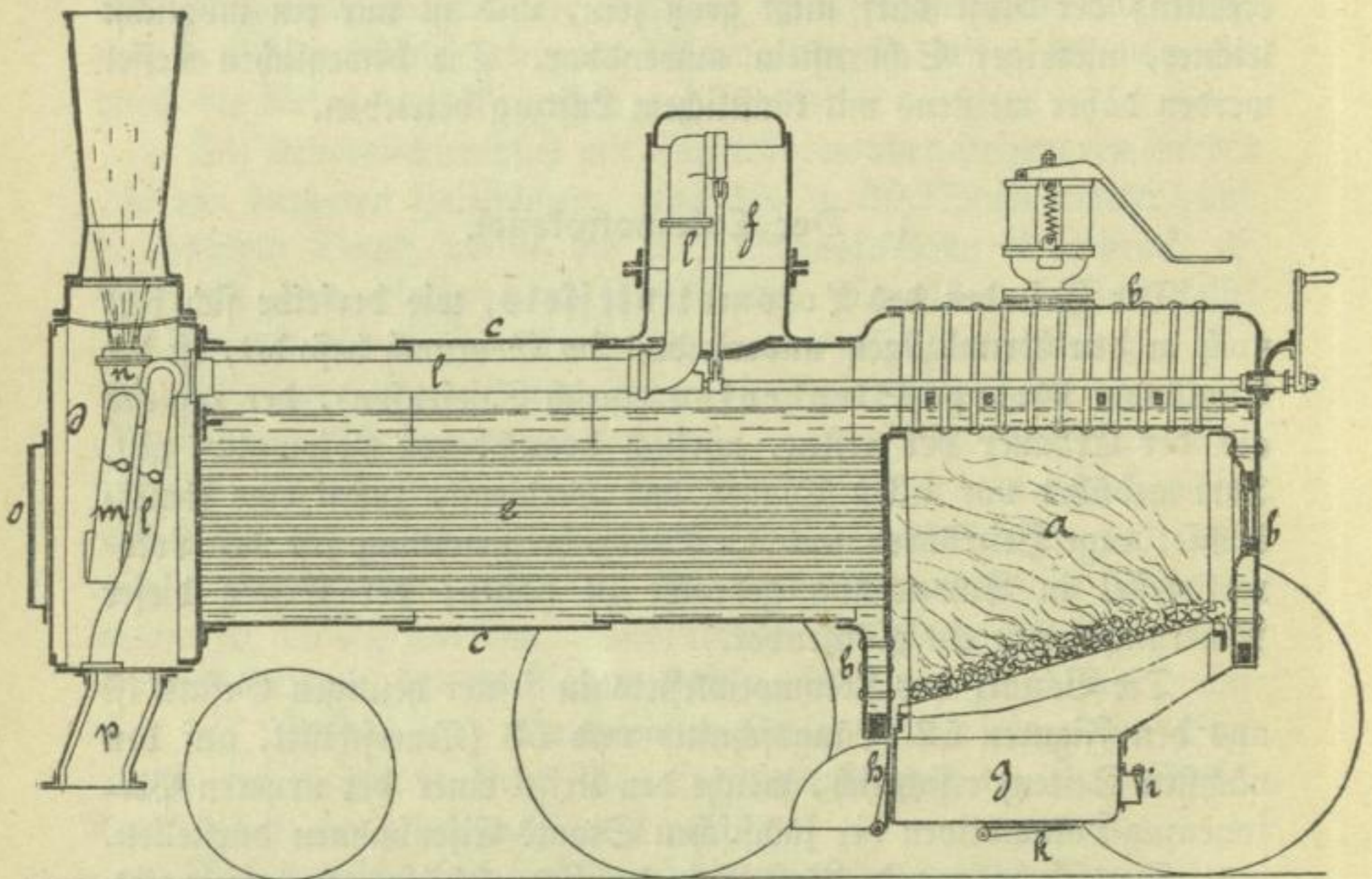


Fig. 52.

erzeugten Dampf auf und führt denselben, nachdem es sich in der Rauchkammer gegabelt hat, den beiden Cylindern der Maschine zu; das doppelte Rohr *m* dient dagegen zur Ableitung des verbrauchten Dampfes; es bildet mit dem Mundstück *n* und dem Schornstein die bereits auf Seite 124 beschriebene Blasrohranordnung, welche den erforderlichen Zug erzeugt.

Der unter dem Koste gelegene Theil der Feuerbüchse ist durch den Aschenkasten *g* geschlossen, welcher mit den Klappen *h* und *i* versehen ist; die Klappen werden je nach Bedarf bei der Vor- oder Rückwärtsfahrt geöffnet und lassen die zur Verbrennung erforderliche Luft ein. Mittelfst der Klappe *k* kann die Asche aus dem Aschenkasten entfernt werden.

An die mit einer den Heizröhren gegenübergelegenen, verschließbaren Reinigungsthür *o* versehene Rauchkammer schließt sich ein Sammelgefäß, der sogenannte Aschensack *p*; der letztere besitzt einen Verschlusschieber, nach dessen Oeffnung die angesammelte Flugasche herausfällt und auf diese Weise rasch entfernt wird.

Die Heizfläche des beschriebenen Lokomotivkessels beträgt 92,85 Quadratmeter, sein Betriebsüberdruck  $8\frac{1}{2}$  Atmosphären. Die Kessel der Güterzuglokomotiven besitzen noch längere Heizröhren und demzufolge auch größere Heizflächen (bis zu 115 Quadratmeter); sie arbeiten mit dem gleichen Druck. Neuerdings werden auch Lokomotivkessel mit 10 bis 12 Atmosphären Ueberdruck in Betrieb gesetzt.

Die Lokomotivkessel nutzen die Wärme des Brennmaterials in Folge der guten Verbrennung (scharfer Zug und hohe Brennmaterialschicht) und der raschen Wärmeabgabe seitens der Heizgase an den Kessel (Zertheilung der Feuergase durch die Heizröhren in viele dünne Strahlen) ganz vorzüglich aus. Der beschleunigten Verbrennung entsprechend ist auch die Dampferzeugung eine sehr reichliche; man kann sie annehmen zu stündlich 30 kg von jedem Quadratmeter der Heizfläche.

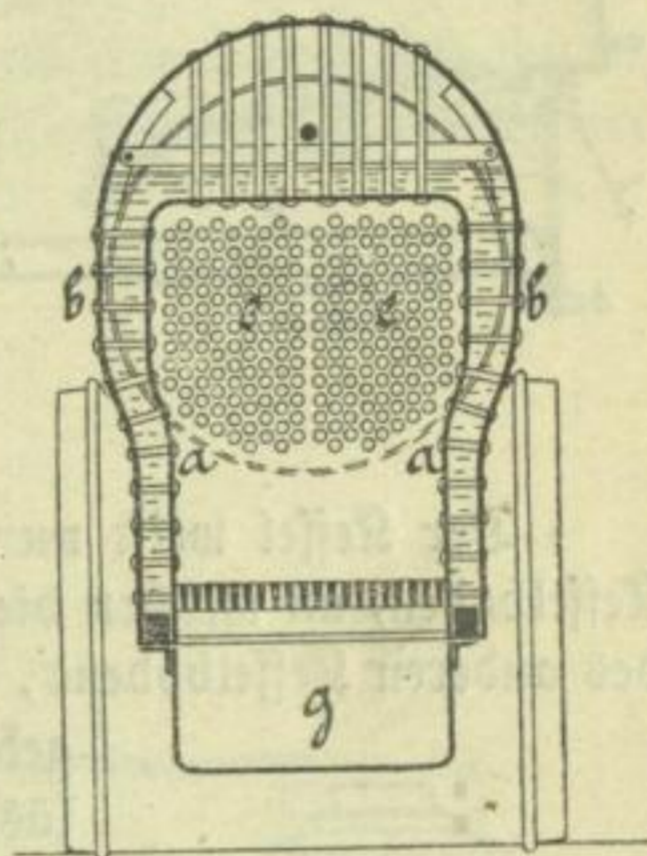


Fig. 53.

## 2. Der Lokomobilkessel.

Der Lokomobilkessel ist im Allgemeinen ein Kessel, der seinen Aufstellungsort öfters ändern soll; er ruht deshalb auf Rädern und ist fahrbar. Seine Bauart entspricht meistens der des Lokomotivkessels, von welchem er sich nur durch die geringere Größe und eine etwas einfachere Form unterscheidet; die Beschreibung eines derart gestalteten Lokomobilkessels kann unterbleiben.

Doch kommen bei den Lokomobilkesseln auch andere Bauarten vor, von welchen indessen nur eine, aber sehr gute besprochen werden soll; es ist dies der von der Fabrik L. Wolf in Budau-Magdeburg eingeführte, ausziehbare Lokomobilkessel, welchen Figur 54 im Längsschnitt und Figur 55 im Querschnitt darstellen.

Der Kessel ist ein liegender Cylinderkessel *a* mit ebenen Böden; er besitzt eine cylindrische, mit Innenfeuerung versehene Feuerbüchse *b*, von deren Rückwand eine größere Anzahl Heizröhren nach dem

vorderen Kesselboden führen, an welchen letzteren eine mit dem Schornstein versehene Rauchkammer *d* angeschraubt ist.

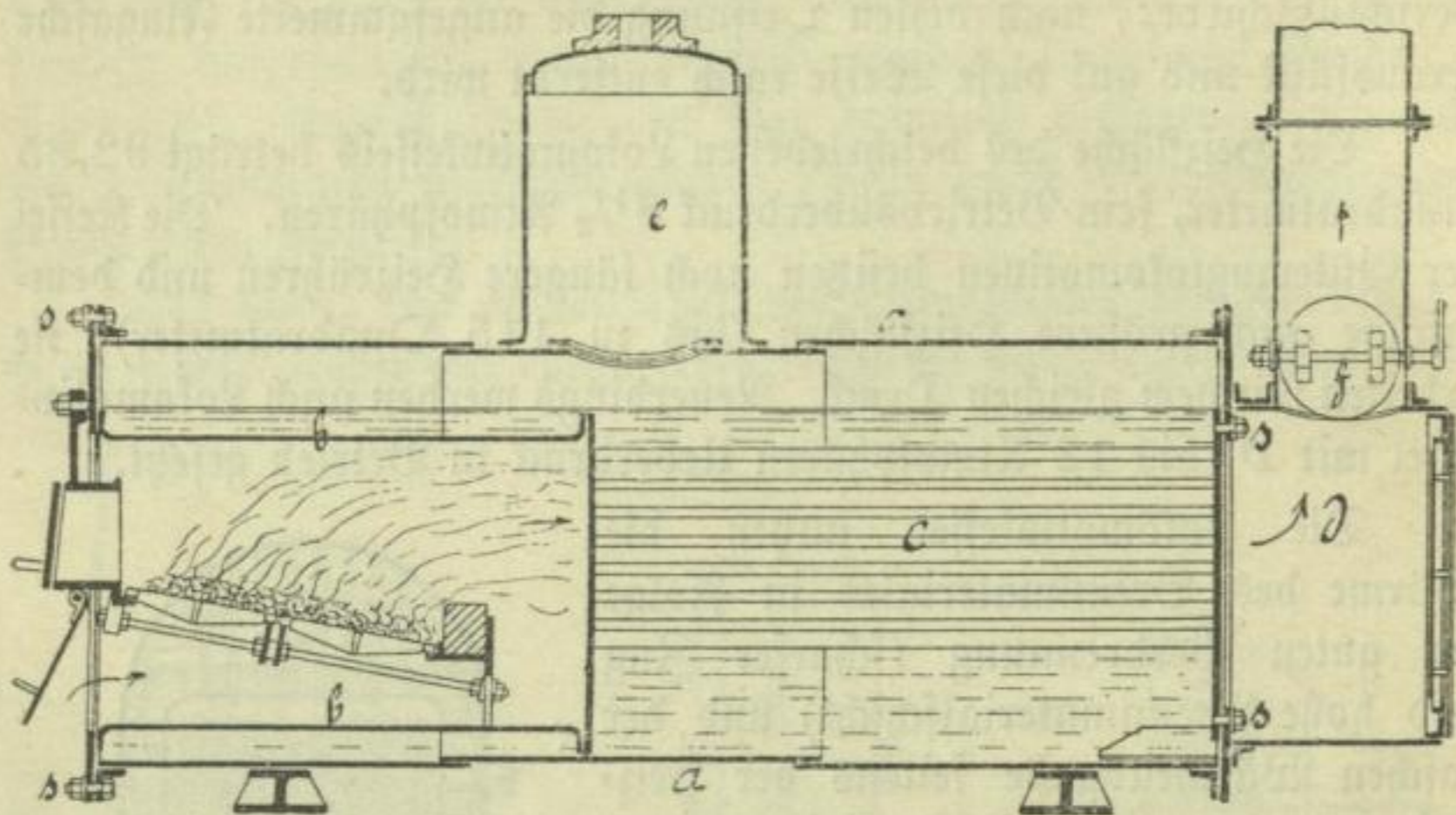


Fig. 54.

Der Kessel weist nun die Eigenthümlichkeit auf, daß der eine Kesselboden, an welchen die Feuerbüchse angenietet ist, und der Theil des anderen Kesselbodens, in welchen die Enden der Heizröhren ein-

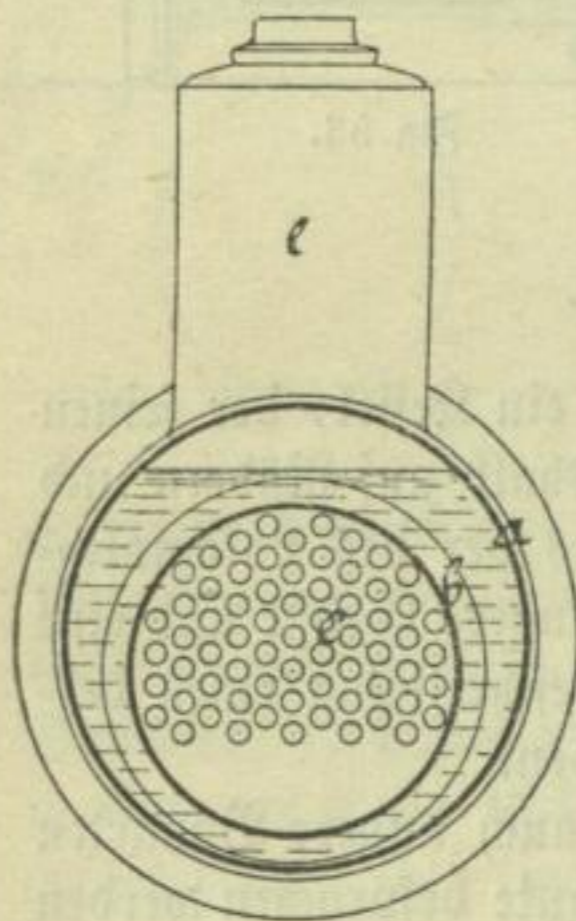


Fig. 55.

gedichtet sind, mit dem Hauptkessel durch eine lösbare Verschraubung verbunden sind. Löst man alle die mit *s* bezeichneten Schrauben, so kann auch das Eingeweide des Kessels, bestehend aus der Feuerbüchse und den Heizröhren nebst dem anhängenden vorderen Kesselboden und dem bezüglichen Theil des anderen Bodens herausgezogen und eine Reinigung beider Haupttheile des Kessels mit größter Bequemlichkeit vorgenommen werden. Das Auseinandernehmen, Reinigen und Wiederzusammenschrauben läßt sich, wenn der Kessel nicht zu stark verschmutzt war, schon in einem Tage erledigen; zwei abgeschrägte, auf den inneren Kesselmantel genietete Blechecken erleichtern das richtige

Wiederheranschieben des inneren Kesseltheiles an die Rauchkammerwand.

Der Kessel ist endlich mit einem Dampfdom *e* und der Schornstein mit einer Drosselklappe *f* ausgerüstet.

Die Lokomobilkessel werden erbaut mit Heizflächen bis zu etwa 30 Quadratmetern; ihr Betriebsüberdruck beträgt 4 bis 7 Atmosphären. In ihrer Leistung bleiben sie hinter dem Lokomotivkessel zurück, weil der Zug ein schwächerer ist, und dementsprechend die Heizröhren weiter und kürzer sein müssen, wodurch aber sowohl die Verbrennung als auch die Wärmeausnutzung etwas schlechter werden; alle Verhältnisse gestalten sich weniger günstig. Bei natürlichem Luftzug kann eine Verdampfung von 15 kg, bei künstlichem eine solche von 20 bis 25 kg vom Quadratmeter der Heizfläche stündlich erwartet werden.

### 3. Der Schiffskessel.

Der Schiffskessel erhielt früher stets eine koffer- oder kastenförmige Gestalt, damit der für seine Aufstellung im Schiff verfügbare

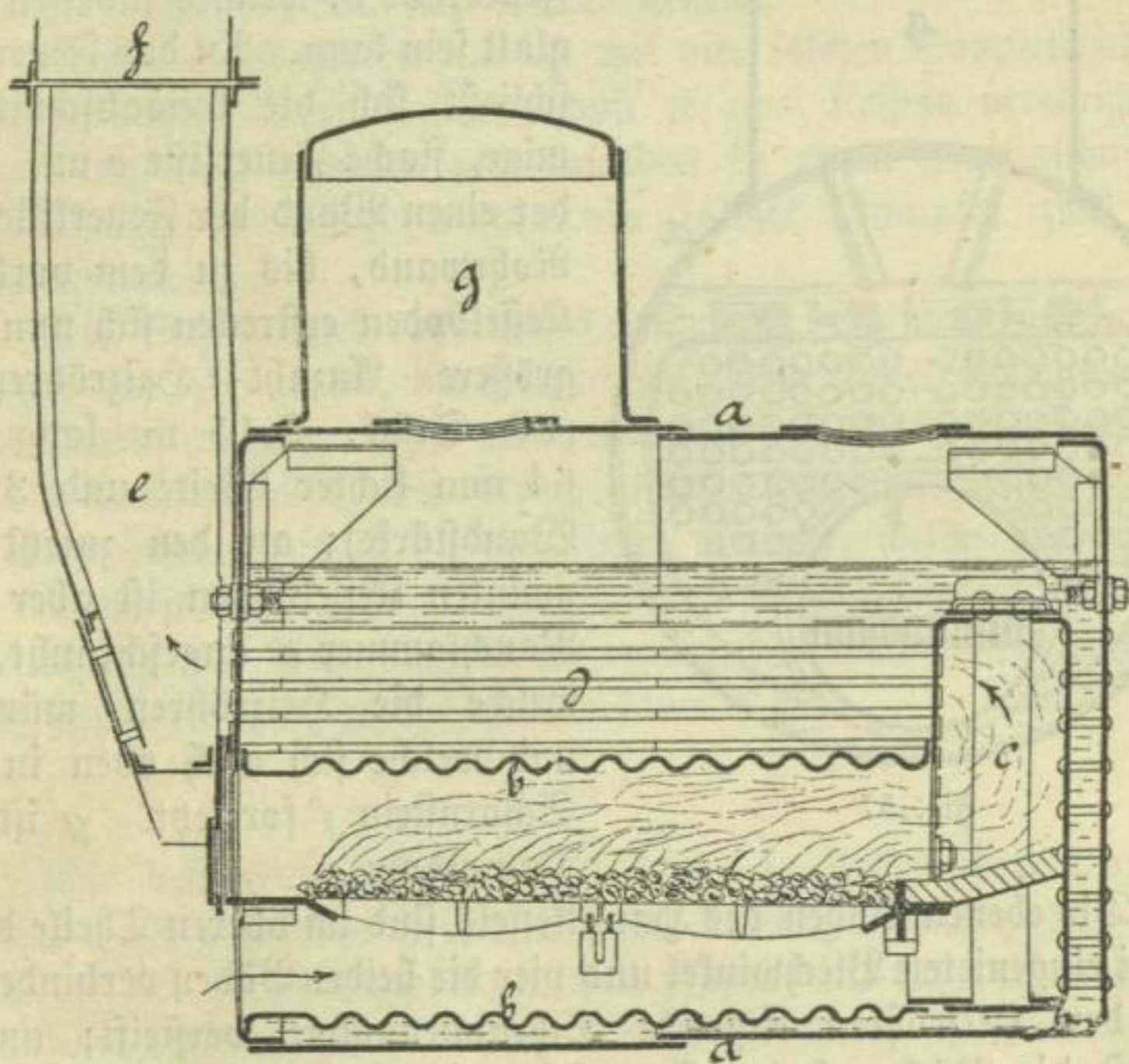


Fig. 56.

Raum recht gut ausgenützt wurde. Diese Form ist indessen nur anwendbar für niedrigen Dampfdruck; seitdem aber auch bei den Schiffsdampfmaschinen im Interesse einer stärkeren Kraftleistung und größeren Sparsamkeit im Brennmaterialverbrauch mehr und mehr hochgespannte Dämpfe zur Verwendung kommen, hat es sich nothwendig gemacht, den zu ihrem Betrieb dienenden Kesseln eine cylindrische Form zu

geben, wodurch die Kesselwandungen wesentlich dünner hergestellt werden können, und die schweren Verankerungen der ebenen Wandungen größtentheils in Wegfall kommen.

In kleinen Dampfbooten werden meistens aufrechtstehende Feuerbüchsenkessel mit Siederöhren oder Heizröhren benutzt; für größere Dampfer finden aber Kessel Verwendung, welche eine ganz eigenartige, von den bisher besprochenen Kesselarten abweichende Form besitzen. In Figur 56 ist ein derartiger, neuerer Schiffskessel, wie solche auf den die Elbe befahrenden Rettendampfern im Betrieb sind, im Längsschnitt und in Figur 57 im Querschnitt dargestellt.

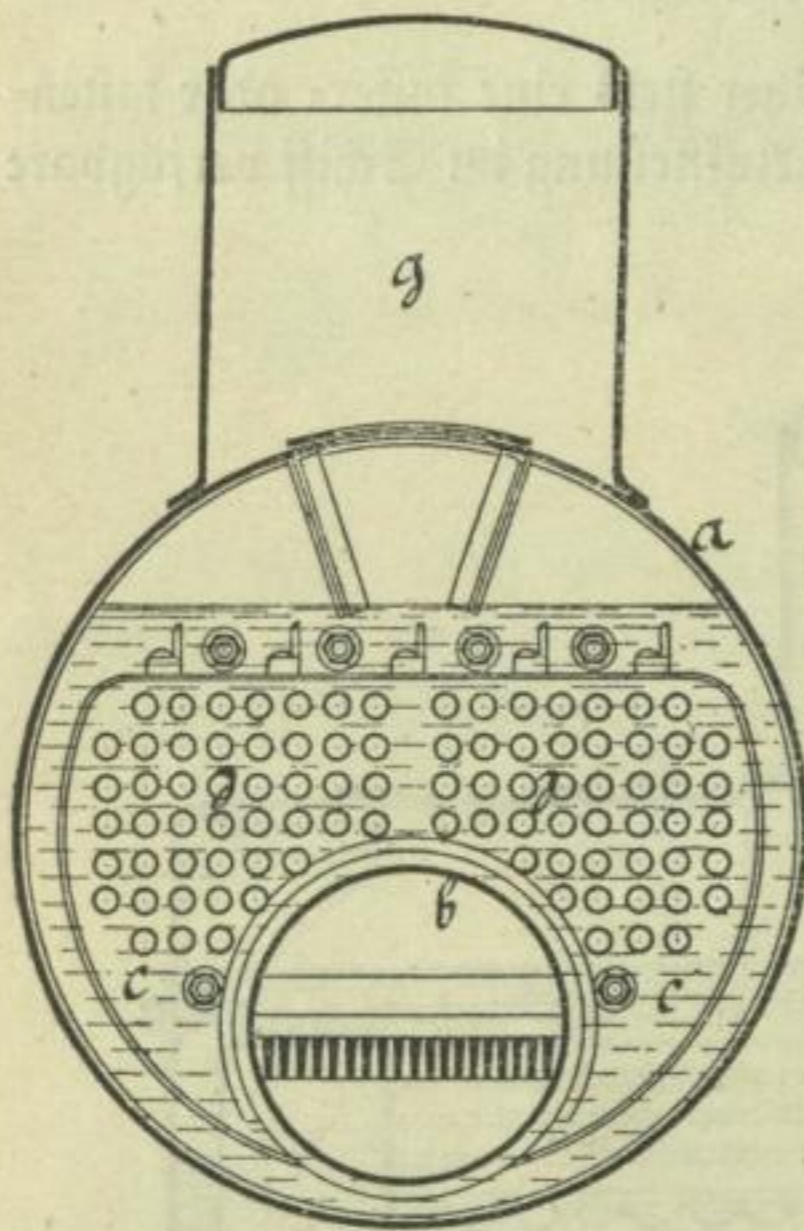


Fig. 57

In dem cylindrischen Hauptkessel *a*, welcher mit ebenen Böden versehen ist, liegt ein cylindrisches, im vorliegenden Fall gewelltes Feuerrohr *b*, welches indessen auch glatt sein kann. An das Feuerrohr schließt sich die kreisabschnittförmige, flache Feuerkiste *c* an. Von der einen Wand der Feuerkiste, der Rohrwand, bis zu dem vorderen Kesselboden erstrecken sich nun eine größere Anzahl Heizröhren *d* (90 Stück, 2,15 m lang mit 64 mm lichter Weite und 3 mm Wandstärke); an den zuletzt genannten Kesselboden ist aber eine Rauchkammer *e* angeschraubt, in welche die Heizröhren münden, und welche sich nach oben in den Schornstein *f* fortsetzt. *g* ist der Dampfdom.

Die ebenen Böden des Hauptkessels sind im oberen Theile durch je zwei eingenetete Blechwinkel und vier die beiden Böden verbindende, über den Heizröhren liegende Schraubenankern versteift; außerdem ist die Rückwand der Feuerkiste mit dem hinteren Kesselboden durch eine große Anzahl Stehbolzen, ferner die Rohrwand der Feuerkiste, außer durch das Feuerrohr und die Heizröhren, durch zwei Schraubenanker mit dem vorderen Kesselboden verbunden, und endlich die wagerechte, ebene Decke der Feuerkiste durch fünf Winkelleisenschienen, welche infolge ihrer umgebogenen Enden hohl liegen und an welche die Feuerkistendecke mit je zwei Nieten befestigt ist, versteift, so daß durch alle diese Hilfsmittel eine Ausbiegung der

Kesselböden und eine Formveränderung der Feuerkiste durch den Dampfdruck unmöglich gemacht wird.

Der Koft ist in das Feuerrohr gelegt; die im Feuerrohre gebildeten Heizgase ziehen nach hinten in die Feuerkiste, kehren durch die Heizröhren zurück und werden von der Rauchkammer aufgenommen und durch den Schornstein abgeführt.

Der erläuterte Kessel besitzt 45 Quadratmeter Heizfläche und arbeitet mit einem Betriebsüberdruck von 7 Atmosphären; ein Ketten-dampfer ist gewöhnlich mit zwei solchen Kesseln versehen.

Größere Schiffskessel erhalten statt eines, zwei oder drei Feuerrohre; auch werden oft zwei solcher Kessel zu einem Kessel vereinigt, indem man die Hinterböden fortfallen läßt und die beiden Feuerkisten entweder durch Stehbolzen verbindet oder zu einer einzigen verschmilzt; Feuerrohre und Heizröhren bleiben aber unverändert, und werden solche Kessel sonach von zwei Seiten geheizt.

Große Seedampfer sind oft mit vier solchen Doppeltesseln versehen; die vier Rauchkammern von je zwei Kesseln vereinigen sich dann über den letzteren und münden in einen gemeinschaftlichen Schornstein; es besitzt mithin ein solcher Dampfer zwei große Schornsteine.

Die Schiffskessel erhalten Durchmesser bis nahezu 4 m und Längen bis über 5 m; die Heizflächen dieser Kessel betragen bis zu 250 Quadratmetern. Sie arbeiten mit einem Betriebsüberdruck bis zu 10 Atmosphären. Ein Quadratmeter Heizfläche liefert stündlich bei natürlichem Luftzug 15 bis 20 kg Dampf, welche Leistung aber bei der mehr und mehr Eingang findenden und zugleich eine bessere Ausnützung des Brennmaterials ergebenden Anwendung künstlichen Luftzuges wesentlich erhöht werden kann.

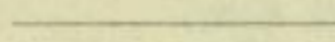
Die beweglichen Dampfkessel lassen in Folge ihrer sehr wirksamen, durch zahlreiche Heizröhren gebildeten Heizfläche, insbesondere aber bei der Anwendung künstlichen Zuges eine sehr reichliche Verdampfung erzielen. Da indessen der Wasserinhalt, Dampfraum und Wasserspiegel im Verhältniß zur Heizfläche klein sind, und auch der Dampfverbrauch bei diesen Kesseln meistens recht ungleichmäßig ist, so schwankt der Dampfdruck stark, und es bedarf hier, insbesondere bei dem Lokomotivkessel, seitens des Heizers einer ganz besonderen Geschicklichkeit, den Druck einigermaßen auf gleicher Höhe zu halten; der erzeugte Dampf ist auch meistens etwas naß. Bei Schiffskesseln bekämpft man den letzteren Uebelstand häufig durch das Hilfsmittel, den Dampf nochmals zu erhitzen, ehe er in der Maschine zur Ver-

wendung gelangt; er wird daher durch Röhren geleitet, welche in dem Schornstein liegen, wodurch das in ihm enthaltene Wasser noch verdampft, der Dampf trocken gemacht und wohl auch schwach überhitzt wird. Man nennt solche Vorrichtungen Ueberhitzer.

Das Anheizen der beweglichen Kessel ist mit verhältnißmäßig wenig Brennmaterial in kurzer Zeit zu bewerkstelligen. Da diese Kessel aber mit größeren Theilen versehen sind, welche der Dampfdruck zusammen zu drücken sucht (Feuerbüchse, Feuerrohre, Feuerkiste), so ist auch die Gefahr einer Explosion bei Wassermangel sehr nahe gerückt, und bedarf die Bedienung eines solchen Kessels der größten Sorgfalt und Aufmerksamkeit des Heizers. Die Folgen einer eintretenden Explosion sind bei diesen Kesseln gewöhnlich ungemein verheerende, was seinen Grund in dem hohen Dampfdruck und dem hochehitzten Zustand des Kesselwassers hat.

Ein großer Fehler dieser Kessel ist ferner die Unmöglichkeit, sie gründlich reinigen zu können, wovon nur die Wolf'schen Lokomobilekessel eine Ausnahme machen; es bleibt nichts weiter übrig, als in gewissen Zeitabschnitten alle Heizröhren beziehungsweise auch die Feuerbüchse oder Feuerkiste einmal herauszunehmen, vom Kesselstein zu befreien und hierauf den Kessel wieder zusammen zu setzen, was natürlich sehr viel Geld und Zeit kostet.

Daß diese Kessel wenig Raum einnehmen und geringes Gewicht besitzen, was bei ihnen ein Hauptforderniß ist, wurde bereits erwähnt. Ihre Herstellung ist ziemlich schwierig und erfordert sehr geschickte Arbeiter; daher sind auch diese Kessel, insbesondere der Lokomotiv- und Schiffskessel, recht theuer.





## Achter Abschnitt.

### Die Ausrüstung der Dampfkessel.

Inhalt: Die an die Ausrüstung der Dampfkessel zu stellenden Anforderungen.

— A. Die gesetzlichen Sicherheitsvorrichtungen: 1. Die Wasserstandszeiger: Die Probirhähne, das Wasserstandsglas (der Schwadt'sche Wasserstandszeiger), der Schwimmerzeiger. 2. Die Druckmesser (Manometer): Das Quecksilbermanometer, das Federmanometer. 3. Die Sicherheitsventile: Das Ventil mit Gewichtsbelastung, das Ventil mit Federbelastung. 4. Die Speisevorrichtungen: Die Rücklaufvorrichtung, die Kolbenspeisepumpe, die Dampfstrahlpumpe (Injektor), die selbstthätigen Speisevorrichtungen; das Speiseventil. — B. Sonstige Vorrichtungen: 1. Sicherheitsvorrichtungen: Der Speiserufer, elektrische Lärmvorrichtungen. 2. Hilfsvorrichtungen: Der Speisewasser-Vorwärmer, die Messung des Speisewassers; das Dampfabsperrentil, die Dampfspfeisen; das Ablassventil, das Mannloch und die Reinigungsöffnungen.

Zur Erzielung eines gesicherten und zweckmäßigen Dampfkesselbetriebes ist es erforderlich, daß jeder Dampfkessel mit einer Anzahl Vorrichtungen ausgerüstet wird, deren Aufgaben verschiedener Natur sind. Ein Theil dieser Vorrichtungen ist aus Sicherheitsgründen gesetzlich vorgeschrieben; der andere Theil wird entweder angebracht, um die Sicherheit des Betriebes zu erhöhen, oder weil die betreffenden Vorrichtungen für den Betrieb ganz unentbehrlich, mindestens aber von großem Nutzen sind. Von allen diesen Vorrichtungen verlangt man aber ohne Unterschied, daß sie ihren Zweck in möglichst einfacher Weise erfüllen, leicht zu bedienen sind, stets zuverlässig wirken und endlich auch dauerhaft sind.

#### A. Die gesetzlichen Sicherheitsvorrichtungen.

Die gesetzlichen Sicherheitsvorrichtungen zerfallen in vier Gruppen: In solche zur Erkennung des Wasserstandes, zur Messung des Dampfdruckes, zur Verhütung eines zu hohen Dampfdruckes und zur Erhaltung des Wasserstandes.

## 1. Die Wasserstandszeiger.

Die Innehaltung eines bestimmten Wasserstandes im Dampfkessel ist aus mehreren Gründen nothwendig.

Einerseits ist unbedingt erforderlich, genügend viel Wasser im Kessel zu haben, damit nicht Kesselwandungen vom Wasser entblößt und der Einwirkung der Flamme ausgesetzt werden, wodurch leicht eine Beschädigung, ja sogar eine Explosion des Kessels herbeigeführt werden kann. Weiter soll auch viel Wasser im Kessel sein, damit selbst bei unregelmäßigem Dampfverbrauch der Dampfdruck thunlichst auf gleicher Höhe bleibt.

Andererseits darf der Kessel aber nicht zu viel Wasser enthalten, weil sonst der Dampfraum zu klein wird, und der erzeugte Dampf viel Wasser enthält.

Es muß daher für jeden Dampfkessel ein zulässig tiefster Wasserstand festgesetzt werden, welcher diesen Bedingungen in möglichst gleichem Maße gerecht wird (vergleiche Seite 116 und 129). Unter diesen Wasserstand darf bei dem Betrieb niemals herabgegangen werden.

Es giebt drei Mittel, die Höhe des Wasserstandes im Kessel nach außen hin erkennbar zu machen; nämlich Probirhähne, Wasserstandsgläser und Schwimmerzeiger. Das Gesetz verlangt, daß jeder Dampfkessel außer mit einem Wasserstandsglas noch mit einem zweiten Wasserstandszeiger versehen wird, damit der Wasserstand mit größerer Sicherheit erkannt, und falls die eine Vorrichtung versagen sollte, der Betrieb des Kessels mit Hilfe der zweiten ohne Gefahr weiter geführt werden kann (vergleiche § 5 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen). Für Schiffsdampfkessel sind sogar drei solche Vorrichtungen, von welchen zwei Wasserstandsgläser sein müssen, vorgeschrieben (vergleiche den zweiten Absatz des § 7 ebendasselbst).

Die Probirhähne: Die einfachste und billigste Vorrichtung zur Erkennung des Wasserstandes ist der Probirhahn, ein einfach mit dem Kesselinneren in Verbindung stehender Hahn; solcher Probirhähne werden immer zwei oder drei in verschiedenen Höhen am Kessel angebracht, damit auch erkennbar wird, wie hoch der Kessel gefüllt ist, und eine Ueberfüllung des Kessels vermieden wird.

Der Probirhahn (vergleiche Figur 58 und 59) besteht aus dem mit einer Längsbohrung versehenen Gehäuse *h* und dem sogenannten Rücken *i*, einem konischen, dicht eingeschliffenen und ebenfalls mit einer Durchbohrung versehenen Körper, der in dem Gehäuse drehbar befestigt und mit einem Handgriff versehen ist. Die Mündung des Hahnes ist gewöhnlich schräg nach unten gerichtet, damit der dem Hahn entströmende Dampf- oder Wasserstrahl Niemand verletzt.

Der § 6 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen verlangt nun, daß der unterste Probirhahn in der Ebene des festgesetzten niedrigsten Wasserstandes zu liegen hat. In dieser Höhe muß also der Hahn in den Kessel eingeschraubt oder an demselben befestigt werden; falls er aber mit dem Kessel durch ein längeres Rohr verbunden wird, welches im Mauerwerk liegt, muß dieses Rohr in derselben Höhe in dem Kessel münden und möglichst wagerecht liegen.

Da es ferner vorkommt, daß sich die Probirhähne mit Schlamm und Kesselstein verstopfen und dann den Dienst versagen, so verlangt § 6 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen, daß es möglich ist, sie während des Betriebes zu reinigen und wieder dienstfähig zu machen; dieser Bestimmung wird entsprochen, wenn die Möglichkeit geboten ist, den Hahn in gerader Richtung mit einem Draht zu durchstoßen. Zu diesem Zwecke wird entweder am vorderen Ende des Hahnes in

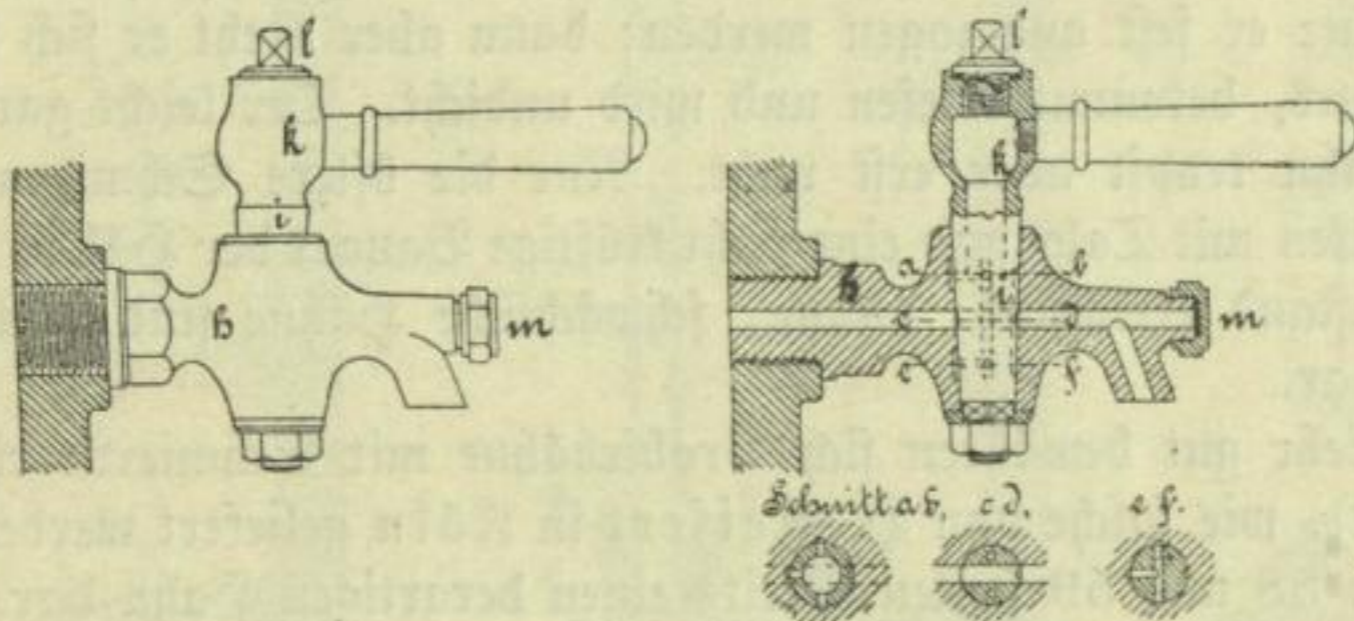


Fig. 58.

Fig. 59.

der Bohrung desselben eine Reinigungsschraube angebracht, oder auch dieses Ende, wie bei dem in den Figuren 58 und 59 dargestellten Hahn, mit einer Ueberwurfmutter *m* versehen, nach deren Entfernung der Hahn gereinigt werden kann.

Es ist stets besser, die Hähne unmittelbar auf die Kesselwand zu schrauben, damit nicht durch Mauerwerk verdeckte Dichtungsstellen entstehen, deren Ueberwachung und Instandhaltung schwierig sind; eingemauerte Kessel sollen daher womöglich mit einem Wasserstandstutzen, in Figur 36 mit *a* bezeichnet, versehen werden, der eigens zur Befestigung der Wasserstandszeiger bestimmt ist. Sollte dies aber aus irgend einem Grunde nicht angängig sein, so muß wenigstens das Verbindungsrohr in den Kesselboden eingeschraubt und darf nicht mit Flanschen befestigt werden.

Die Bedienung der Probirhähne ist natürlich eine sehr einfache Sache; es braucht nur der Hahn von Zeit zu Zeit auf eine kurze Weile geöffnet zu werden; je nachdem dem Hahn Wasser oder Dampf

entströmt, befindet sich der Wasserspiegel noch über oder bereits unter dem Hahne.

Als ein Mangel der Probirhähne ist es aber zunächst zu bezeichnen, daß nicht ermittelt werden kann, in welcher Höhe sich der Wasserspiegel im Kessel eigentlich befindet, sondern nur, daß er zwischen zwei Probirhähnen liegt; auch gehört schon eine gewisse Uebung dazu, genau zu unterscheiden, ob die dem Hahn entströmende Masse siedendes Wasser oder Dampf ist.

Eine weitere Unannehmlichkeit, welcher indessen rasch abzuhelpfen ist, besteht in der leicht eintretenden Verstopfung des Hahnes; durch täglich mehrmaliges Durchblasen des Hahnes wird dieselbe übrigens möglichst vermieden.

Große Uebelstände der gewöhnlichen Probirhähne sind endlich das Tropfen und Undichtwerden und die schwierige Instandhaltung derselben bei nicht ganz reinem Wasser. Soll der Hahn dicht sein, so möchte er fest angezogen werden; dann aber dreht er sich schwer, reibt stark, bekommt Riefen und wird undicht. Der leicht gangbare, lose Hahn tropft aber erst recht. Nur die öftere Schmierung der Hahnkufen mit Talg und eine recht kräftige Bauart der Hähne machen den Zustand erträglich; dünne, schwächliche Hähne sind völlig unbrauchbar.

Sehr gut bewähren sich Probirhähne mit Schmiervorrichtung (Patent), wie solche von H. Reisert in Köln geliefert werden; die Figuren 58 und 59 stellen bereits einen derartigen Hahn dar.

Der Kopf des Rückens bildet ein Schmiergefäß *k*, welches mit Talg oder einer von Reisert für diese Zwecke besonders angefertigten Hahnsmiere gefüllt und alsdann durch die Schraube *l* wieder geschlossen wird. Durch die aus der Figur 59, insbesondere aus den Querschnitten *a—b*, *c—d* und *e—f* ersichtlichen Bohrungen und Nuten im Rücken und im Hahngehäuse wird der Hahn stets gut in Schmiere gehalten, dreht sich demzufolge leicht und ist dabei doch dicht.

Anstatt der Probirhähne werden zuweilen auch Probirventile angewendet; für dieselben gelten dieselben gesetzlichen Bestimmungen bezüglich der Höhe, in welcher sie am Kessel anzubringen sind, und der Möglichkeit, sie während des Betriebes reinigen zu können. Eine Besprechung dieser seltener zur Anwendung kommenden Einrichtungen soll unterbleiben.

Das Wasserstandsglas: Ein weit bequemerer und beliebter, allerdings auch theurerer Wasserstandszeiger, als die Probirhähne, ist das Wasserstandsglas, welches seinem Wesen nach in einem mit dem Kessel in Verbindung gesetzten Glasrohr besteht, in welchem jederzeit der im Kessel vorhandene Wasserstand

sichtbar wird und sich bequem beobachten läßt. Wegen dieses Vortheiles ist auch für jeden feststehenden Dampfkessel mindestens ein Wasserstandsglas vorgeschrieben, für Schiffsdampfkessel aber deren zwei; häufig genug trifft man aber auch bei den feststehenden und den übrigen beweglichen Kesseln zwei Wasserstandsgläser an.

Die Einrichtung eines Wasserstandsglases ist aus den Figuren 60 (äußere Ansicht), 61 (Längsschnitt) und 62 (Stirnansicht) ersichtlich.

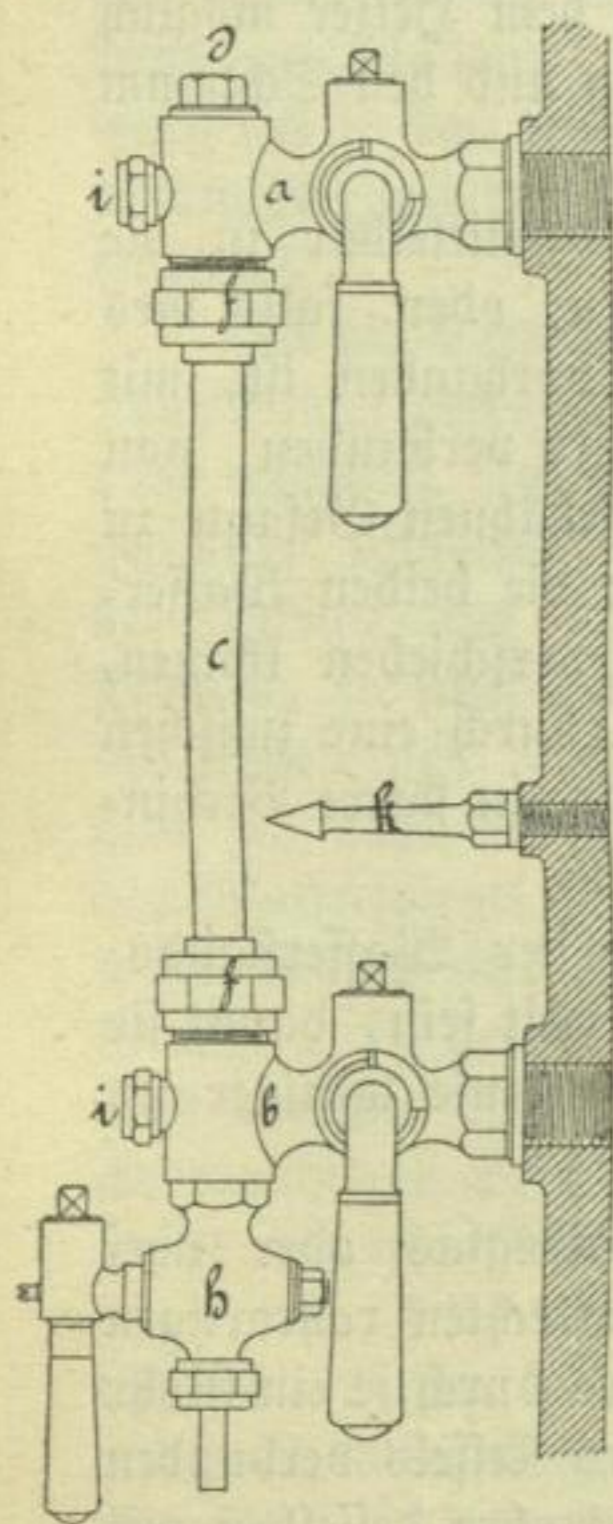


Fig. 60.

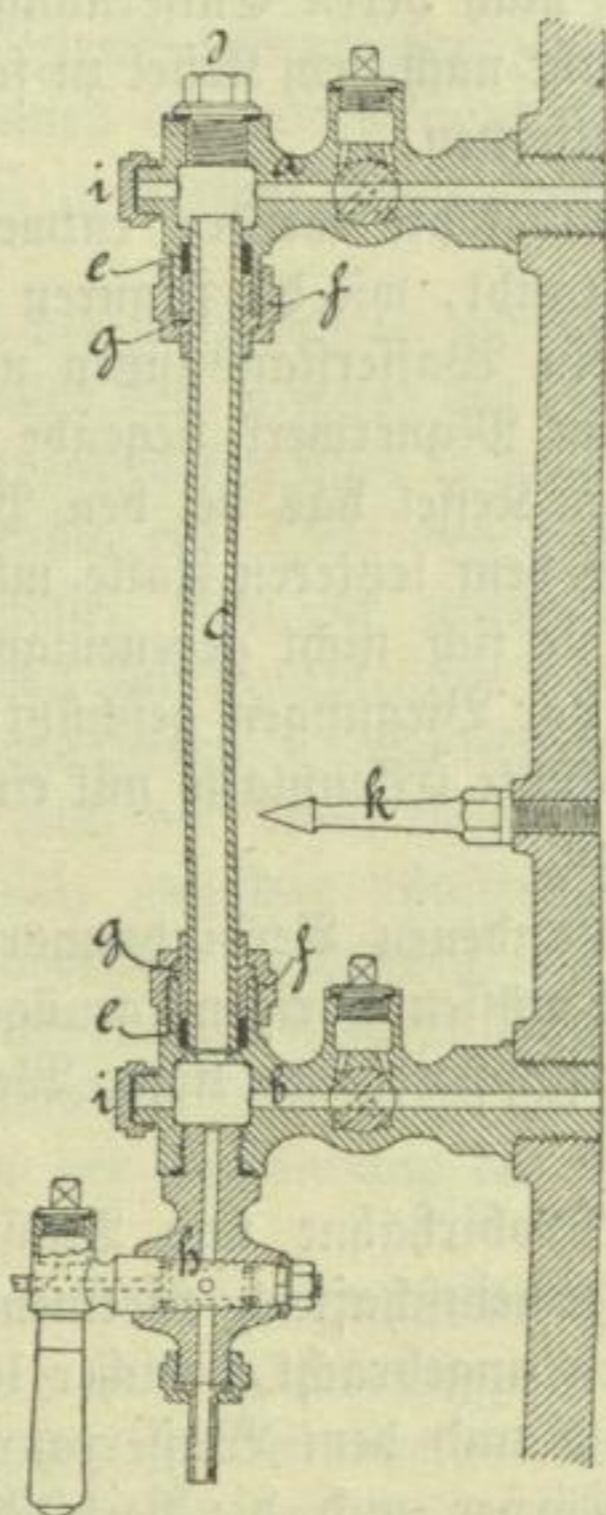


Fig. 61.

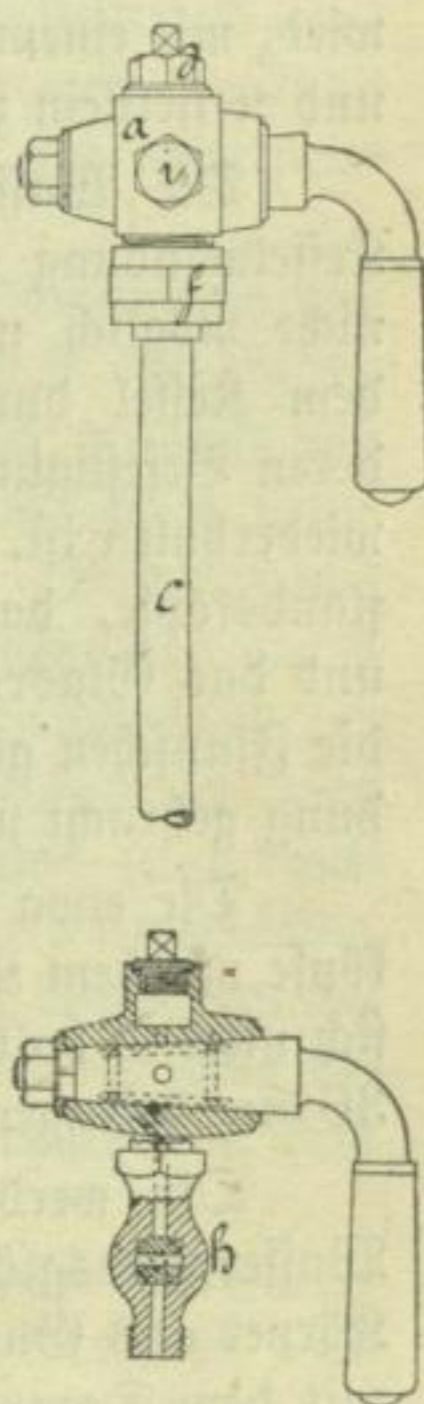


Fig. 62.

Die beiden Wasserstandsköpfe *a* und *b* sind mit Abschlußhähnen und mit Gehäusen versehen, welche letzteren zur Aufnahme des Glasrohres dienen.

Das Glasrohr *c* wird, nachdem die Verschlußmutter *d* entfernt worden ist, von oben hereingeschoben, sitzt auf dem Grunde des unteren Wasserstandskopfes auf und ragt in den Hohlraum des oberen etwas hinein; den dampf- und wasserdichten Abschluß des Rohres besorgen die in einer kleinen Stopfbüchse liegenden Gummiringe *e*, welche durch die Ueberwurfmutter *f* unter Beihilfe der Preßringe *g* zusammen- und an das Glasrohr herangepreßt werden.

Durch einen Zeiger *k* oder durch eine sonstige Marke muß der festgesetzte tiefste Wasserstand des Kessels am Glase kenntlich gemacht werden (vergleiche § 7 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen).

Der untere Wasserstandskopf *b* erhält stets einen kleineren Abflaßhahn *h*, welcher das Ablassen des Schmutzes aus dem Glasrohr ermöglicht. Damit auch die Verbindung nach dem Kessel gereinigt werden kann, sind die Wasserstandsköpfe mit den Reinigungsmuttern *i* versehen, nach deren Entfernung es dem Heizer möglich wird, mit einem Draht nach dem Kessel zu fahren und den Schlamm und Kesselstein zu entfernen.

Die Wasserstandsköpfe werden entweder unmittelbar in die Kesselwandung geschraubt, wie die Figuren zeigen, oder, falls dies nicht möglich und ein Wasserstandstutzen nicht vorhanden ist, mit dem Kessel durch im Mauerwerk liegende Röhre verbunden, von deren Befestigung am Kessel das bei den Probirhähnen Gesagte zu wiederholen ist. In dem letzteren Falle müssen die beiden Wasserstandsköpfe, damit sie sich nicht gegeneinander verschieben können, und das Glasrohr vor Biegungen geschützt ist, durch eine zwischen die Flanschen geschraubte Eisenplatte mit einander in starre Verbindung gebracht werden.

Die etwa vorhandenen Verbindungsrohre der Wasserstandsköpfe mit dem Kessel müssen übrigens genügend weit sein, damit sie sich nicht so bald verstopfen; ihre lichte Weite soll nie weniger als 30 mm betragen.

Oft werden Probirhähne und Wasserstandsglas oder zwei Wasserstandsgläser gemeinschaftlich an einem senkrechten rohrartigen Körper aus Gußeisen angebracht, welcher letztere durch je ein Rohr mit dem Dampfraum und dem Wasserraum des Kessels verbunden wird. Für jenen Körper und die Verbindungsrohre desselben mit dem Kessel ist durch § 5 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen ein lichter Querschnitt von mindestens 60 Quadratcentimetern, d. h. eine lichte Weite von mindestens 87,5 mm im Durchmesser, vorgeschrieben.

In den Figuren sind sowohl die beiden Haupthähne, als auch der Abflaßhahn als Reifert'sche Hähne mit Schmiervorrichtungen dargestellt; auch hier ist diese Einrichtung aus denselben Gründen, wie bei den Probirhähnen, sehr zu empfehlen.

Irgend welcher Handgriffe, um den Wasserstand des Kessels in Erfahrung zu bringen, bedarf es natürlich bei dem Wasserstandsglas nicht, was ein großer Vortheil ist. Leider besitzt diese Vorrichtung

aber auch eine Reihe von Mängeln und Schwächen, welche ihre Zuverlässigkeit beeinträchtigen.

Ein Hauptmangel besteht darin, daß das Wasserstandsglas unter Umständen falsche Angaben macht:

Ist eine der Verbindungen des Glasrohres mit dem Kessel verengt, so zeigt das Wasserstandsglas falsch.

Dieser Uebelstand tritt ein, wenn das Glasrohr zu kurz ist; es wird dann der Gummiring aus der Stopfbüchse nach innen über das Glasrohrende gepreßt und die Oeffnung des Glasrohres theilweise verschlossen. Ein gleich bedenklicher Zustand stellt sich ein, wenn sich in den Hohlräumen des Wasserstandskopfes und der Verbindungen mit dem Kessel in starkem Maße Schmutz und Kesselstein festsetzen.

Ist die Verbindung des Glasrohres mit dem Dampfraum des Kessels stark verengt, so wird dem Dampf der Eintritt in das Glasrohr erschwert. Nun kondensirt sich aber in dem durch die Luft abgekühlten Glasrohr beständig ein Theil des Dampfes; kann dann der Dampf aus dem Kessel nicht in genügender Menge nachströmen, so sinkt der Druck im Dampfraum des Glasrohres unter den Kesseldruck. Dem entstandenen Druckunterschied entsprechend erhebt sich aber nunmehr auch der Wasserspiegel im Glasrohr über den Wasserspiegel im Kessel, und das Wasserstandsglas zeigt dann mehr Wasser an, als im Kessel vorhanden ist. Diese Abweichung beträgt z. B. bereits 10 cm, wenn sich der Druck im Wasserstandsglas nur um  $1/100$  Atmosphäre vermindert hat, was aber schon bei einer mäßigen Verengung der Verbindung des Glasrohres mit dem Kessel eintreten kann.

Zum Glück verrathen sich solche gefährliche Zustände dem Heizer einerseits durch die Ruhe des Wasserspiegels im Glasrohr und andererseits dadurch, daß sich in dem abgesperzten und mit Hilfe des Ablasshahnes entleerten Glas bei dem Wiederöffnen der Hähne der Wasserstand nur sehr langsam einstellt. In einem diensttüchtigen Wasserstandsglas schwankt dagegen der Wasserspiegel, den Wallungen des siedenden Wassers im Kessel entsprechend, beständig auf und ab, und stellt sich nach dem Oeffnen der geschlossenen Hähne der Wasserstand rasch ein.

Aber auch Undichtheiten der Hähne und der Verbindungsrohre, welche zu Druckverlusten Anlaß geben, führen falsches Anzeigen des Wasserstandsglases herbei. So hebt sich der Spiegel im Glas, wenn in der Verbindung mit dem Dampfraum eine undichte Stelle ist; eine Undichtheit in der Verbindung mit dem Wasserraum veranlaßt dagegen eine Senkung des Spiegels im Glas.

Ist eine der Verbindungen mit dem Kessel durch eine Verstopfung völlig unterbrochen, so versagt schließlich das Glas ganz.

Den Verstopfungen durch Schmutz und Kesselstein kann nun der Heizer dadurch vorbeugen, daß er täglich mehrere Male während des Betriebes die Verbindungen durchbläst und vom Schlamm befreit; zu diesem Zweck schließt er die Hähne, öffnet den Ablasshahn und läßt hierauf unter Wiederöffnen des entsprechenden Hahnes einige Zeit hindurch den Dampf, beziehentlich das Wasser durchblasen.

Bei eingemauerten Kesseln, deren Wasserstandsglas mit dem Kessel durch im Mauerwerk liegende Rohre verbunden ist, stellt sich zuweilen ein neuer Uebelstand ein; das Wasser im Glas wird unruhig und fängt an, auf- und abzuschießen, so daß ein Urtheil über den Wasserstand des Kessels unmöglich wird. Es hat dies in der Regel seine Ursache in dem schadhafteu Zustand der Züge. Ist durch das Herabfallen von Ziegeln das nach dem Wasserraum führende Rohr entblößt worden und der Einwirkung der Feuergase ausgesetzt, so kommt das in diesem Rohr befindliche Wasser zum Sieden, und im Glasrohr steigen Dampfblasen empor, welche heftige Schwankungen des Wasserspiegels hervorrufen. Das Mauerwerk muß dann sofort reparirt und das Rohr wieder gut verkleidet werden. Rathsam ist es, das letztere von Haus aus mit einem weiteren, eisernen Schutzrohr zu umgeben.

Ein großer Mangel der Wasserstandsgläser liegt ferner in dem ab und zu eintretenden Bruch des Glasrohres, wobei häufig genug der Heizer durch Glassplitter und siedendes Wasser verletzt wird:

Um ein Springen des Glasrohres zu verhüten, muß dasselbe an den Enden gut verschmolzen und frei von Rissen sein.

Weiter springen die Gläser leicht, wenn dieselben schlecht geföhlt sind; man kann diesen Fehler beseitigen, wenn man die Gläser einige Stunden in Del siedet und sie hierauf mit diesem langsam erkalten läßt.

Auch erfordert das Anstellen des Glases eine gewisse Vorsicht, damit das Glasrohr nicht springt. Stets ist bei geöffnetem Ablasshahn dem Dampf zuerst der Zutritt zu geben und hierdurch das Glasrohr anzuwärmen; erst nachdem dies geschehen ist, darf der Ablasshahn geschlossen und nunmehr auch der Wasserhahn geöffnet werden.

Der Bruch des Glasrohres liegt endlich nahe, wenn die Achsen der beiden Wasserstandsköpfe nicht genau in eine Linie fallen, was sich an der schiefen Stellung des Glasrohres in dem Preßring der Stopfbüchse bemerkbar macht; der letztere drückt dann auf das Glasrohr, sucht dasselbe zu biegen und veranlaßt hierdurch den Bruch



desselben. Dieser Uebelstand wird meistens schon durch eine entsprechende Drehung des betreffenden Wasserstandskopfes beseitigt; nöthigenfalls sind auch Blechscheiben zwischen die Flanschen der Verschraubung zu legen. Soll das Glasrohr halten, so darf es nur von den Gummiringen der Stopfbüchsen berührt werden.

Um den Heizer vor Verletzungen bei dem Springen der Gläser zu schützen, müssen nun die letzteren mit einer Schutzhülse aus Metall, in welcher Schlitze zur Beobachtung des Wasserstandes anzubringen sind, oder mit einem Drahtkorb oder einem starken Glaszylinder umgeben werden. Man hat in gleicher Absicht auch neuerdings in den Wasserstandsköpfen kleine Ventilen angeordnet, welche im Falle eines Bruches des Glases dem Dampf und Wasser den Zutritt zu dem Glasrohr versperren. Diese Einrichtungen haben sich meistens recht gut bewährt.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, dem Wasserstandsglas eine Form zu geben, bei welcher die Mängel dieser beliebten Vorrichtung beseitigt sind, und die Vortheile derselben ungeschmälert zur Geltung kommen. Sehr gut löst diese Aufgabe der nach seinem Erfinder benannte Schwadt'sche Wasserstandszeiger (Patent), welcher in den Figuren 63 (Ansicht), 64 (Längenschnitt) und 65 (Querschnitt) dargestellt ist; das Ausführungsrecht desselben hat H. Schwarzkopff in Berlin erworben.

Der Schwadt'sche Wasserstandszeiger besteht in der Hauptsache aus einem gußeisernen, rechteckigen Hohlkörper *a*, welcher auf den Kesselboden geschraubt oder mit dem Kessel durch ein gleichgeformtes Rohr verbunden ist. In dem Hohlkörper befindet sich ein mit einem langen Durchgangsschlitze versehener Hahn *b*; an seinem vorderen Ende ist der Körper durch eine starke Glasplatte *c* verschlossen, an welcher sich der Wasserspiegel zeigt.

Damit die Befestigung der Glasplatte noch eine gewisse Nachgiebigkeit besitzt, und die Glasplatte vor dem Zerschlagen geschützt ist, wird nun nicht nur zwischen die Glasplatte und den Körper eine Gummiplatte gelegt, welche allerdings ohnehin der Dichtung wegen nothwendig wäre, sondern auch zwischen die Glasplatte und den die letztere haltenden Rahmen; überdies erhalten die Befestigungsmuttern federnde Unterlegscheiben von Stahl.

Weiter ist die Vorrichtung mit einem Ablasshahn *d* versehen; schließt man den Hahn *b*, so kann mittelst einer durch den Ablasshahn eingeführten Bürste auch während des Betriebes die Glasplatte gereinigt werden.

Sollte ferner der Hahn *b* einmal festgebrannt und unbeweglich sein, so ermöglicht es die Schraube *e*, denselben zu lockern.

*f* sind endlich gewöhnliche Probihähne.

Der Schwadt'sche Wasserstandszeiger ist dem Wasserstandsglas in Bezug auf Einfachheit der Bauart weit überlegen; er gestattet eine gleich bequeme Beobachtung des Wasserstandes, wozu sich eine sehr

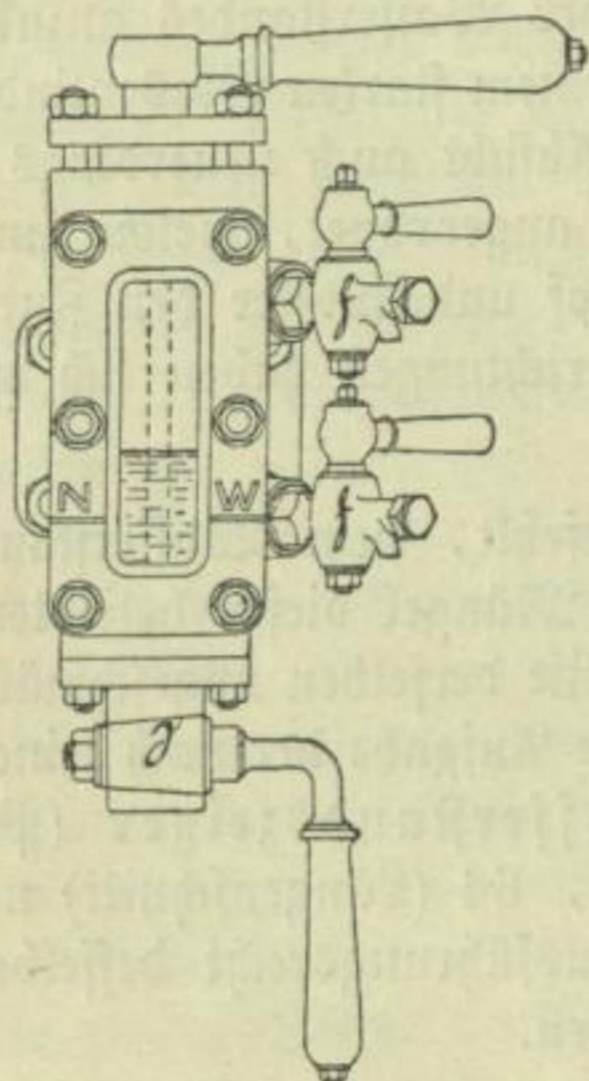


Fig. 63.

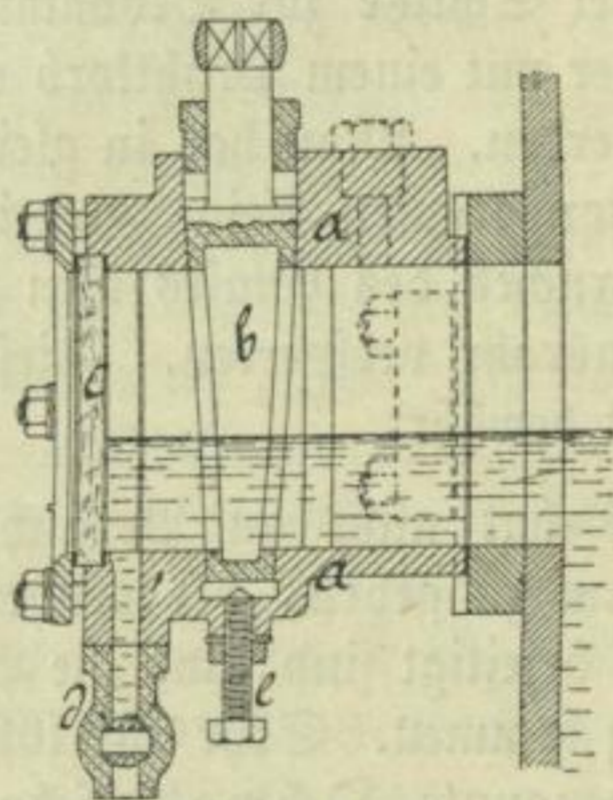


Fig. 64.

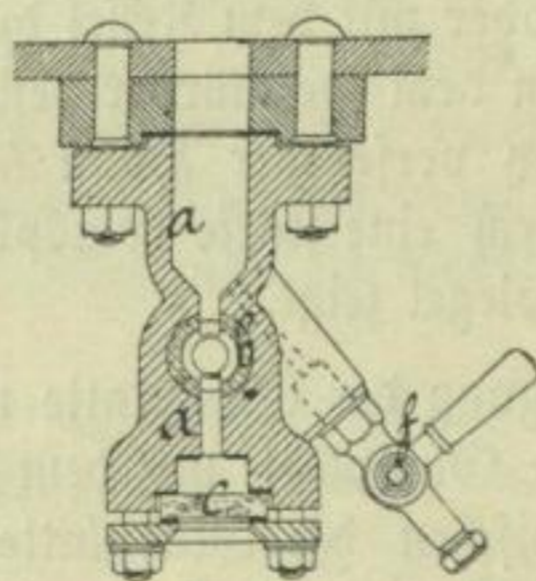


Fig. 65.

einfache Bedienung gefeilt; die letztere beschränkt sich darauf, daß der Heizer von Zeit zu Zeit den Ablasshahn öffnet und den Schmutz ausbläst, sowie nach Verschluss des Haupthahnes die Glasplatte einmal reinigt.

Ein weiterer großer Vortheil besteht darin, daß Irrthümer über den Wasserstand nicht vorkommen können, da Verstopfungen der

weiten Hohlräume der Vorrichtung nahezu unmöglich und überdies sofort von außen zu bemerken sind.

Die Vorrichtung erweist sich ferner sehr dauerhaft; ein Springen der starken, gut gekühlten Glasplatte ist bisher noch nicht beobachtet worden. Der Verfasser kann bezeugen, daß selbst ein auf die Glasplatte eines im Betriebe befindlichen Kessels gerichteter Strahl kalten Wassers die Platte nicht zu beschädigen vermochte. Hiermit fällt aber im Gegensatz zu dem Wasserstandsglas auch jedwede Gefahr für den Heizer weg.

Die Vorzüge der Vorrichtung sind so mannigfaltige, daß in Zukunft eine recht häufige Anwendung derselben sicher zu erwarten steht.

Der Schwimmerzeiger: Als dritte Einrichtung, den Wasserstand eines Dampfkessels nach außen hin sichtbar zu machen, wurde der Schwimmerzeiger genannt.

Der Hauptbestandtheil eines Schwimmerzeigers ist immer ein auf dem Wasserspiegel des Kessels schwimmender Körper, dessen Höhenlage außerhalb des Kessels sichtbar wird; der Schwimmer wird entweder aus Sandstein oder einem sonstigen passenden Material hergestellt oder auch als ein Hohlkörper aus Metall angefertigt.

Damit ein Körper, welcher schwerer als Wasser ist, überhaupt schwimmt, muß der größere Theil seines Gewichtes durch ein Gegengewicht aufgehoben werden. Der Schwimmer hängt daher an einem starken, durch eine Stopfbüchse nach außen geführten Draht, welcher mittelst eines Kettchens an dem einen Arm eines Wagebalkens befestigt ist; der andere Arm des Wagebalkens trägt an einem zweiten Kettchen das Gegengewicht. Aus der Stellung des Wagebalkens und des Gegengewichtes läßt sich die Höhe des Wasserstandes im Kessel erkennen.

Durch die Reibung des Drahtes in der Stopfbüchse verringert sich indessen die Beweglichkeit der Vorrichtung ganz wesentlich; dieser Uebelstand wird um so größer, je höher der Dampfdruck des Kessels ist, weil dann die Stopfbüchse des Dichthaltens wegen schärfer angezogen werden muß. Eine derartige Einrichtung kann daher nur für Kessel mit niedrigem Dampfdruck angewendet werden.

Ähnliche Uebelstände treten auch zu Tage bei den Schwimmerzeigern, welche einen hohlen Körper aus Metall als Schwimmer benutzen. Bei denselben ist der Schwimmer gewöhnlich an einem Arm befestigt, der auf einer wagerechten Welle steckt; die durch eine Stopfbüchse nach außen geführte Welle trägt einen Zeiger, welcher den Wasserstand des Kessels anzeigt.

Es ist hinzuzufügen, daß man in die aus Kupferblech hergestellten Schwimmer, ehe man sie verschließt, eine kleine Menge Wasser bringt. Das Letztere nimmt im Betrieb die Temperatur des Kesselwassers an und verwandelt sich zum Theil in Dampf, der dann denselben Druck, wie der im Kessel befindliche, besitzt, auf welche

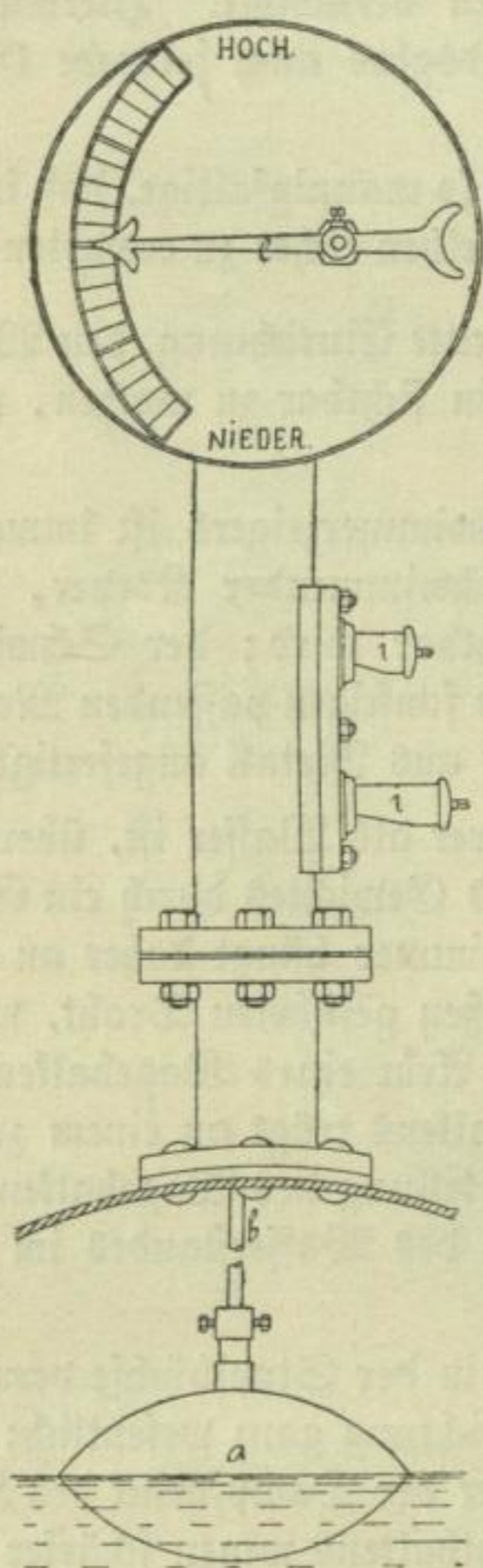


Fig. 66.

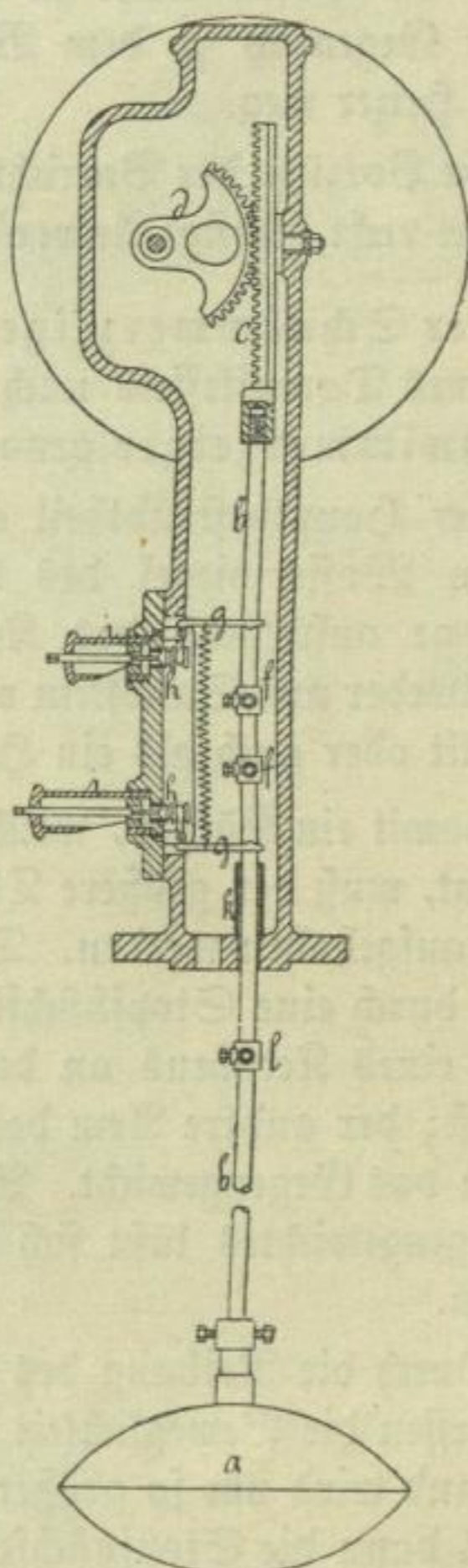


Fig. 67.

Weise aber für den Schwimmer die Gefahr des Zusammengedrücktwerdens beseitigt wird.

Für Kessel mit höherem Druck findet zuweilen der Amphlett'sche Schwimmerzeiger (Patent) Verwendung, welcher in den Figuren 66 (äußere Ansicht) und 67 (Längsschnitt) dargestellt ist und

von der Maschinen- und Armaturenfabrik vormals C. Louis Strube in Buckau-Magdeburg hergestellt wird.

Der Schwimmer *a*, ein hohler, linsenförmiger Körper aus Kupferblech, trägt eine senkrechte Stange *b*, welche an ihrem oberen Ende mit einer Zahnstange *c* versehen ist; die letztere greift in einen Zahnbogen *d* ein, der mit dem vor einem großen, weithin sichtbaren Zifferblatt sich bewegenden Zeiger *e* auf der gleichen Achse sitzt.

Eine Stopfbüchse wird dadurch umgangen, daß die Schwimmerstange und der Zahnbogen in ein rohrartiges, auf dem Kessel befestigtes Gehäuse eingeschlossen sind, und die Zeigerachse da, wo sie nach außen geht, spitz zuläuft und dampfdicht eingeschliffen ist. Der Dampfdruck preßt daher die Achse in ihr Lager hinein und besorgt hierdurch die Abdichtung derselben.

Mit dem Schwimmer wird stets eine Signalvorrichtung verbunden; wenn die auf der Schwimmerstange befestigten Knaggen *f* an die Winkelhebel *g* stoßen, werden die Ventiltchen *h* geöffnet, worauf die Signalpfeifen *i* ertönen. Die untere größere Pfeife mit tiefem Ton macht den Heizer auf einen zu tiefen, die obere kleinere Pfeife mit hellem Ton auf einen zu hohen Wasserstand aufmerksam.

Die Rohrhülse *k* verhindert ein zu tiefes Herabsinken der Schwimmerstange, der Stellring *l* ein zu hohes Emporsteigen.

Die Uebermittlung der Schwimmerbewegung nach außen kann nun auch in der Weise erfolgen, daß man das obere Ende der Schwimmerstange mit einem Magneten versehen und diesen sich hinter einer dünnen, die eine Seite des Schwimmergehäuses abschließenden Messingplatte bewegen läßt. Ein außen auf die Messingplatte gelegtes Köllchen von Eisen folgt dann beständig den Bewegungen des Magneten und macht den Wasserstand des Kessels nach außen hin sichtbar.

Auch derartige Vorrichtungen, welche man magnetische Schwimmerzeiger nennt, sind im Gebrauch.

Die Schwimmerzeiger sind nun ebenfalls recht einfache Vorrichtungen, deren Bedienung wenig Mühe erfordert. Ihr wunder Punkt ist aber stets der dünnwandige Schwimmer; bei der geringsten Undichtheit füllt sich derselbe mit Wasser an, und versagt dann die Vorrichtung den Dienst. Sie werden daher auch nicht häufig angewendet.

## 2. Die Druckmesser (Manometer).

Die Sicherheit und, wie sich früher zeigte, auch die Sparsamkeit des Betriebes erfordern, daß jeder Dampfkessel mit einer Vorrichtung versehen wird, die jederzeit die Höhe des im Kessel herrschenden

Dampfdruckes erkennen läßt; diesem Zwecke dienen die Druckmesser (Manometer).

Nach den bestehenden gesetzlichen Bestimmungen sind im Allgemeinen die Kessel mit mindestens einem, Schiffskessel dagegen mit zwei Manometern auszurüsten. An der Theilung oder dem Zifferblatt des Manometers ist übrigens auch der für den Kessel festgesetzte höchste Dampfdruck durch eine in die Augen fallende Marke kenntlich zu machen (vergleiche § 9 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen).

Im Dampfkesselbetrieb finden zwei Arten von Manometern Verwendung; bei der einen wird der Druck des Dampfes durch die Höhe einer Quecksilbersäule gemessen, welche mit dem Dampfdruck im Gleichgewicht steht, bei der anderen durch die Formveränderung, welche eine Metallfeder unter der Einwirkung des Druckes erleidet. Man nennt die Manometer der ersten Art Quecksilbermanometer, die der zweiten Art Federmanometer.

Das Quecksilbermanometer: Das Quecksilbermanometer wird in zwei verschiedenen Formen benutzt, entweder als Gefäßmanometer oder als Hebermanometer.

Ein Gefäßmanometer der einfachsten Art ist in den Figuren 68 und 69 dargestellt.

In ein gußeisernes, mit Quecksilber gefülltes und geschlossenes Gefäß *a* taucht ein senkrechttes Glasrohr *b* ein. Eine dichte Verbindung des Glasrohres mit dem Gefäß vermittelt die kleine Stopfbüchse *c*, in welche ein Gummiring oder etwas Hanf eingelegt wird.

Durch das seitliche Rohr *d* steht das Gefäß mit dem Kessel in Verbindung; unter der Einwirkung des sich auf den Quecksilberspiegel im Gefäß fortpflanzenden Dampfdruckes erhebt sich nun in dem Glasrohr eine Quecksilbersäule, deren Höhe für jede Atmosphäre Ueberdruck nach den auf Seite 11 gegebenen Erläuterungen 735 mm beträgt. Nach diesem Maßstab ist auch die hinter dem Glasrohr auf einem Brett angebrachte Theilung hergestellt.

Eine Glasflasche *e*, welche seitlich mit einem Loche versehen und mit ihrem Halse unter Zuhilfenahme eines Gummiringes auf das Glasrohr gesteckt ist, dient dazu, das bei außergewöhnlich hohem Dampfdruck aus dem Glasrohr tretende Quecksilber aufzufangen und vor dem Verlorengehen zu bewahren.

Anstatt des zerbrechlichen Glasrohres werden häufig schmiedeeiserne Rohre benutzt; Figur 70 stellt ein derartiges Manometer der Firma Schäffer & Budenberg in Buckau-Magdeburg dar.

Da der im Rohr aufsteigende Quecksilberspiegel nicht mehr sichtbar ist, so muß seine jeweilige Lage nach außen hin auf besondere

Weise erkennbar gemacht werden. Es wird zu diesem Zweck ein kleiner, cylindrischer Körper aus Schmiedeeisen in das Manometerrohr gebracht. Schmiedeeisen ist leichter als Quecksilber; der Körper schwimmt daher auf dem letzteren. Ein an dem Schwimmer befestigter Faden läuft oben über eine Rolle und trägt am anderen Ende einen

Metallzeiger *a*, der sich vor einer Theilung bewegt und an dieser den Druck des Kessels anzeigt. Der Theilung ist natürlich der nämliche Maßstab, wie der eines mit Glasrohr versehenen Manometers zu Grunde zu legen.

Die Gefäßmanometer können ihrer beträchtlichen Höhe wegen nur bei Kesseln mit mäßigem Druck verwendet werden; ein Manometer dieser Art für 5 Atmosphären Ueberdruck erhält z. B. schon über  $3\frac{1}{2}$  m Höhe, was die Beobachtung desselben aber sehr erschwert.

Man benutzt die Gefäßmanometer aber stets zum Vergleichen und Prüfen der anderen noch zu beschreibenden Manometer.

Wesentlich geringere Höhe besitzen die Hebermanometer, welche in der Hauptsache aus einem U-förmig gebogenen, mit Quecksilber gefüllten Rohr

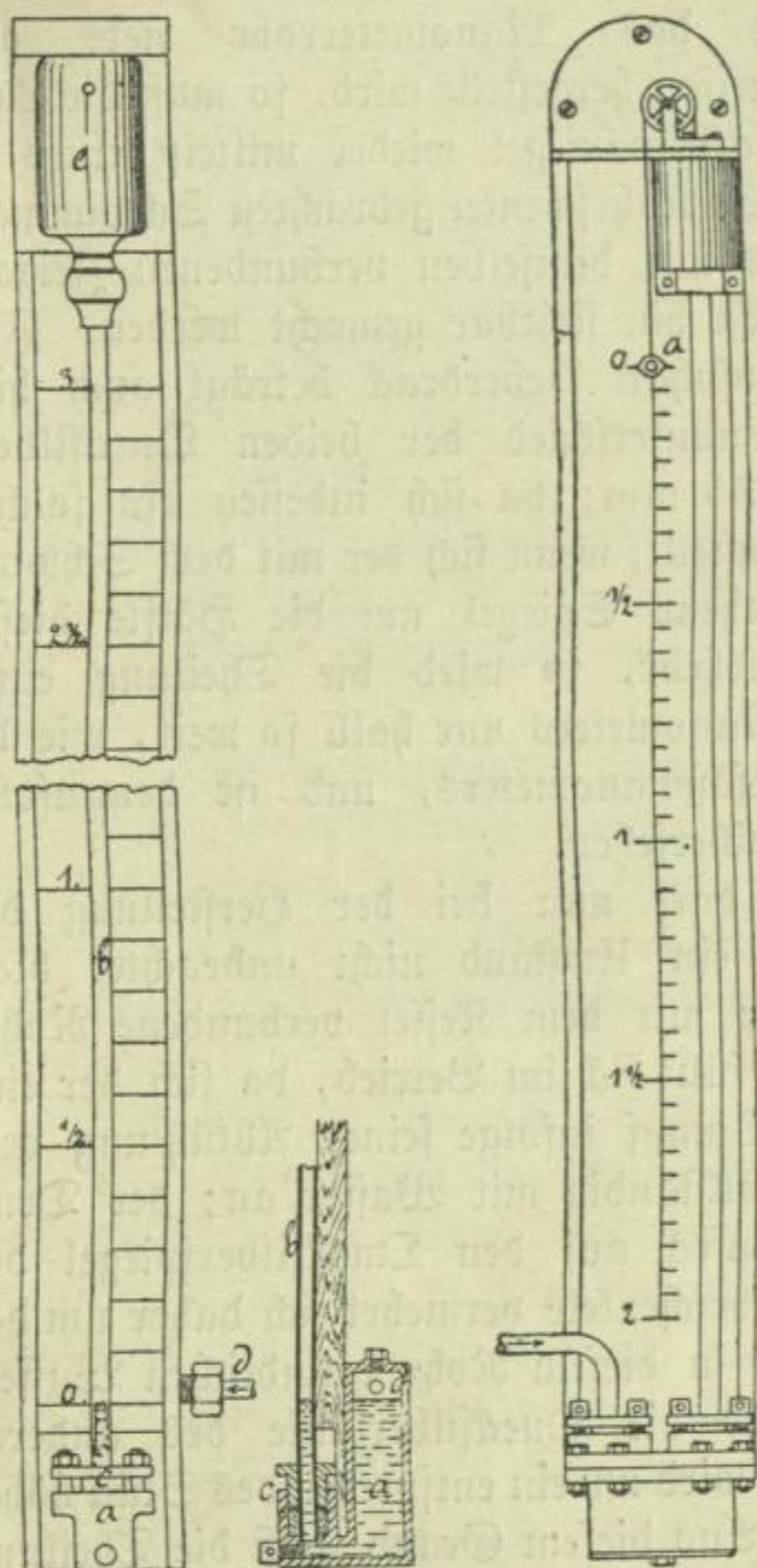


Fig. 68 u. 69.

Fig. 70.

bestehen. Der kürzere Schenkel dieses Rohres ist mit dem Kessel verbunden; der längere Schenkel oben offen. Der auf den Quecksilberspiegel im ersteren Schenkel wirkende Druck des Dampfes bringt daher diesen Spiegel zum Sinken, während sich der Spiegel im anderen Schenkel um ein entsprechendes Stück hebt.

Hierbei können entweder die beiden Schenkel einen gleich großen Querschnitt oder auch verschiedene Weite besitzen.

Bei gleichem Querschnitt der Rohre ist natürlich die Senkung des einen Spiegels genau so groß, wie die Erhebung des anderen. Doch trifft dies nur zu, wenn die Rohre in ihrer ganzen Länge genau gleich weit sind.

Ein Manometer dieser Art von E. W. Julius Blanke & Co. in Merseburg, ist in Figur 71 dargestellt.

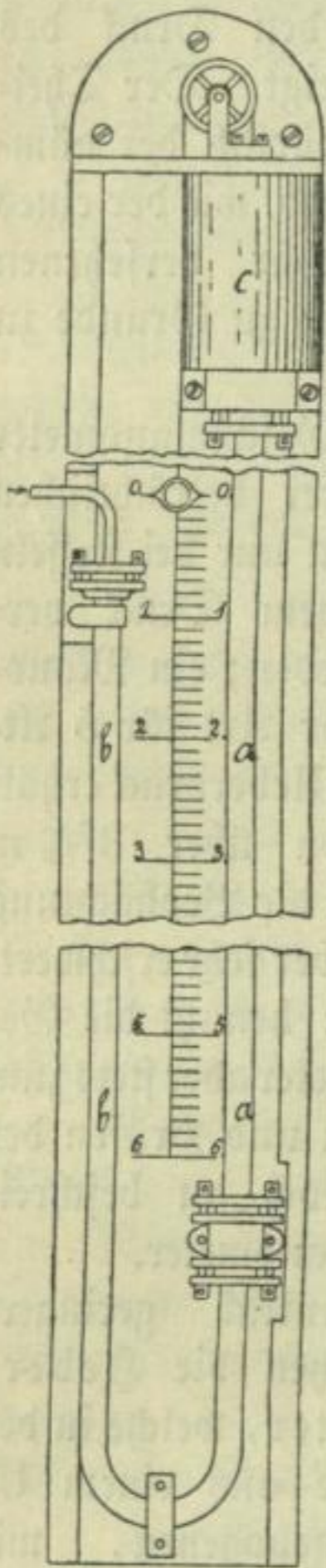


Fig. 71.

Da das Manometerrohr stets aus Schmiedeeisen hergestellt wird, so muß die Lage der Quecksilberspiegel wieder mittelst eines in den offenen Rohrschenkel gebrachten Schwimmers und eines mit demselben verbundenen Zeigers nach außen hin sichtbar gemacht werden. Für eine Atmosphäre Ueberdruck beträgt auch hier der Höhenunterschied der beiden Quecksilberspiegel 735 mm; da sich indessen ein solcher bereits einstellt, wenn sich der mit dem Schwimmer versehene Spiegel um die Hälfte dieses Maßes erhebt, so wird die Theilung eines solchen Manometers nur halb so weit, wie die eines Gefäßmanometers, und ist demzufolge besser zu übersehen.

Es darf nun bei der Herstellung der Theilung ein Umstand nicht unbeachtet bleiben. Der mit dem Kessel verbundene Rohrschenkel *b* füllt sich im Betrieb, da sich der eintretende Dampf infolge seiner Abkühlung verdichtet, vollständig mit Wasser an; der Druck des Dampfes auf den Quecksilberspiegel des kurzen Rohrschenkels vermehrt sich daher um den Druck der in diesem Rohr befindlichen Wassersäule, und die Quecksilbersäule des anderen Schenkels wird um ein entsprechendes Stück höher gepreßt. Aus diesem Grund muß die Theilung für jede Atmosphäre, anstatt  $\frac{735}{2} = 368$  mm, 382 mm betragen.

Es ist hinzuzufügen, daß auch hier das offene Schenkelrohr des Manometers mit einer Fangflasche *c* versehen wird, in welcher sich eintretenden Falles das aus dem Rohr gedrückte Quecksilber ansammeln kann, und daß ferner der kurze Schenkel genügend hoch sein muß, damit nach Einstellung des Betriebes der sich abkühlende Kessel nicht einen Theil des Quecksilbers aus dem Manometer heraussaugt.



Sind die Schenkel eines Hebermanometers verschieden weit, so verkleinert sich die Bewegung des Spiegels im weiten Rohrschenkel gegenüber der im engeren Schenkel stattfindenden im umgekehrten Verhältniß der Rohrquerschnitte.

Es werden auch Manometer dieser Art benutzt; der weite Rohrschenkel besteht dann aus einem schmiedeeisernen Rohr, neben welchem zur Beobachtung des Quecksilberspiegels ein engeres, einem Wasserstandsglas ähnliches Glasrohr angebracht ist; hinter letzterem befindet sich die Theilung. Die Theilung erhält eine nur mäßige Höhe, was die Beobachtung sehr erleichtert.

Man bezeichnet solche Hebermanometer als Manometer mit verkürzter Theilung oder Skala, während die Hebermanometer der zuerst beschriebenen Art Manometer mit unverkürzter Theilung genannt werden.

Die Manometer mit verkürzter Theilung stehen denjenigen mit unverkürzter Theilung in Bezug auf Einfachheit nach. Im Dampfkesselbetrieb werden gewöhnlich nur Hebermanometer der letzteren Art benutzt.

Die Quecksilbermanometer sind recht einfache Vorrichtungen, welche fast gar keiner Wartung bedürfen; an denselben ist nur täglich einmal durch Ziehen an der Schwimmerschnur zu prüfen, ob der Schwimmer seine Beweglichkeit noch besitzt. Ein großer Vortheil liegt ferner in der Unveränderlichkeit der Vorrichtung, welche immer richtig zeigt.

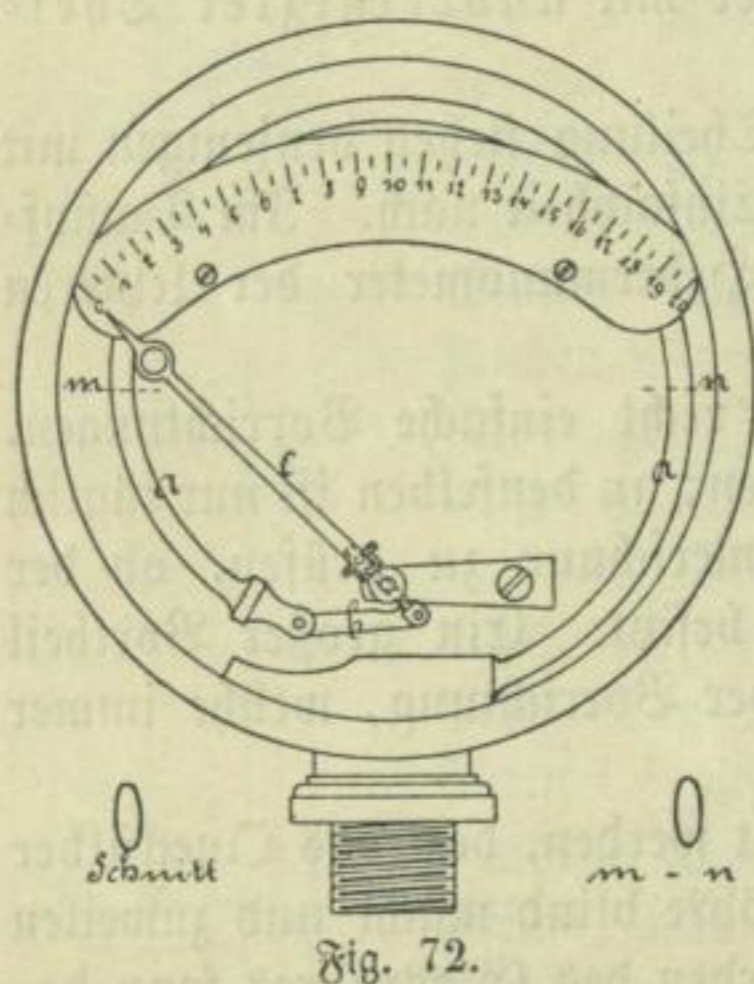
Als ein Mangel könnte hingestellt werden, daß das Quecksilber sich an der Luft verändert, die Glasröhre blind macht und zuweilen herausgeworfen wird. Dem Blindwerden des Glasrohres kann dadurch begegnet werden, daß in die offene Röhre des Manometers eine kleine Menge Glycerin gebracht wird, welche das Quecksilber von der Luft abschließt; dem anderen Vorwurf ist entgegenzuhalten, daß sich der Heizer nur in Acht zu nehmen hat, nicht durch zu rasches Oeffnen des Hahnes, welcher in das Verbindungsrohr zwischen Manometer und Kessel eingeschaltet ist, das Quecksilber aus dem Manometer herauszuschleudern.

Das Federmanometer: Für bewegliche Dampfkessel und solche mit hohem Druck können Quecksilbermanometer nicht verwendet werden; man bedient sich dann der Federmanometer, die ebenfalls in zwei verschiedenen Formen hergestellt werden.

Die eine Art der Federmanometer, welche zu gleicher Zeit von dem Deutschen Schinz und dem Franzosen Bourdon (sprich Burdong) erfunden wurde, bezeichnet man als Röhrenfeder-

manometer; ein solches Manometer, von D. Hempel in Berlin angefertigt, stellt Figur 72 dar.

Die der Einwirkung des Dampfdruckes ausgesetzte, elastische Feder *a*, deren Formveränderung zur Messung des Druckes benutzt wird, hat die Form einer flachgedrückten, spiralförmig gebogenen Röhre, welche an dem einen Ende befestigt ist und von dort aus mit dem Kessel in Verbindung steht. Das andere Ende der Feder ist geschlossen und durch die kleine Zugstange *b* mit dem Zeiger *c* verbunden. Ein auf die inneren Wandungen der Röhrenfeder wirkender Druck wird bestrebt sein, die flache Form der Röhre in die kreisförmige überzuführen und zugleich die Feder zu verlängern. Die Folge ist, daß die spiralförmig gebogene Feder sich um ein Stück aufwickelt oder streckt und hierbei den Zeiger bewegt, dessen Ausschlag die Größe des in der Feder wirkenden Druckes anzeigt.



Die Röhrenfeder wird bei besseren Manometern aus hartem Silber, bei gewöhnlicheren aus einer Kupferlegirung hergestellt.

Die zweite, von Schäffer erfundene und durch die Firma Schäffer & Budenberg in Budau-Magdeburg eingeführte Art der Federmanometer wird als Plattenfedermanometer bezeichnet; ein Manometer dieser Art ist in Figur 73 dargestellt.

Bei demselben wirkt der Dampfdruck auf eine kreisrunde, aus dünnem Stahlblech hergestellte und der größeren Elasticität wegen mit ringförmigen Wellen versehene Feder *a*, welche zwischen die beiden Flanschen des Manometergehäuses eingespannt ist.

Die Durchbiegung der Feder überträgt sich mit Hilfe des auf die Federplatte gelötheten Säulchens *b* auf das Schubstängelchen *c*, welches an seinem oberen Ende mit dem um den Zapfen *d* drehbaren Körper *e* verbunden ist; an diesen Körper ist ein Zahnbogen *f* gelöthet, welcher in ein mit dem Zeiger *g* auf derselben Achse befindliches Getriebe eingreift. Es dürfte ohne Weiteres klar sein, daß eine Durchbiegung der Plattenfeder eine Vorwärtsbewegung des Zeigers hervorruft, die nunmehr zum Messen des auf die Feder wirkenden Druckes benutzt wird.

Zur weiteren Erläuterung sei noch bemerkt, daß das Stängelchen *e*

mit seinem unteren, kugelförmigen Ende in einer kleinen Pfanne des Säulchens *b* ruht, deren oberer Rand etwas über die Kugel gedrückt ist, wodurch die Kugel eine sichere, aber drehbare Lagerung erhält. Ferner ist die Verbindung der Stange *c* mit dem Körper *e* verstellbar eingerichtet; es dürfte dies aus der kleinen Nebenfigur deutlich werden. Die Stahlspirale *h* dient endlich dazu, den Zeiger stets straff zu halten, damit sich der todte Gang des Zeigerwerkes nicht bemerkbar macht.

Um die Plattenfeder vor dem Rosten zu schützen, erhält die vom Dampf berührte Seite derselben gewöhnlich einen dünnen Ueberzug von Silber.

Die Theilung der Federmanometer wird stets durch Vergleichung mit einem Quecksilbermanometer hergestellt.

An jedem Federmanometer ist ein Hahn, am besten ein Dreiweghahn anzubringen, der die Auswechslung eines unbrauchbar gewordenen Manometers während des Betriebes ermöglicht. Mitteltst eines solchen Hahnes, in Figur 73 mit *i* bezeichnet, kann auch das Manometerrohr von Zeit zu Zeit ausgeblasen und von Schmutz befreit werden.

Ein zweiter, unmittelbar am Kessel befindlicher Hahn gewährt den weiteren Vortheil, daß Verstopfungen des Manometerrohres während des Betriebes beseitigt werden können.

Beide Arten der Federmanometer haben sich im Dampfkesselbetrieb wohl bewährt, und ist die eine kaum der anderen vorzuziehen. Den Quecksilbermanometern gegenüber besitzen sie den Vorzug großer Billigkeit, daneben aber auch den Nachtheil, mit der Zeit ihre

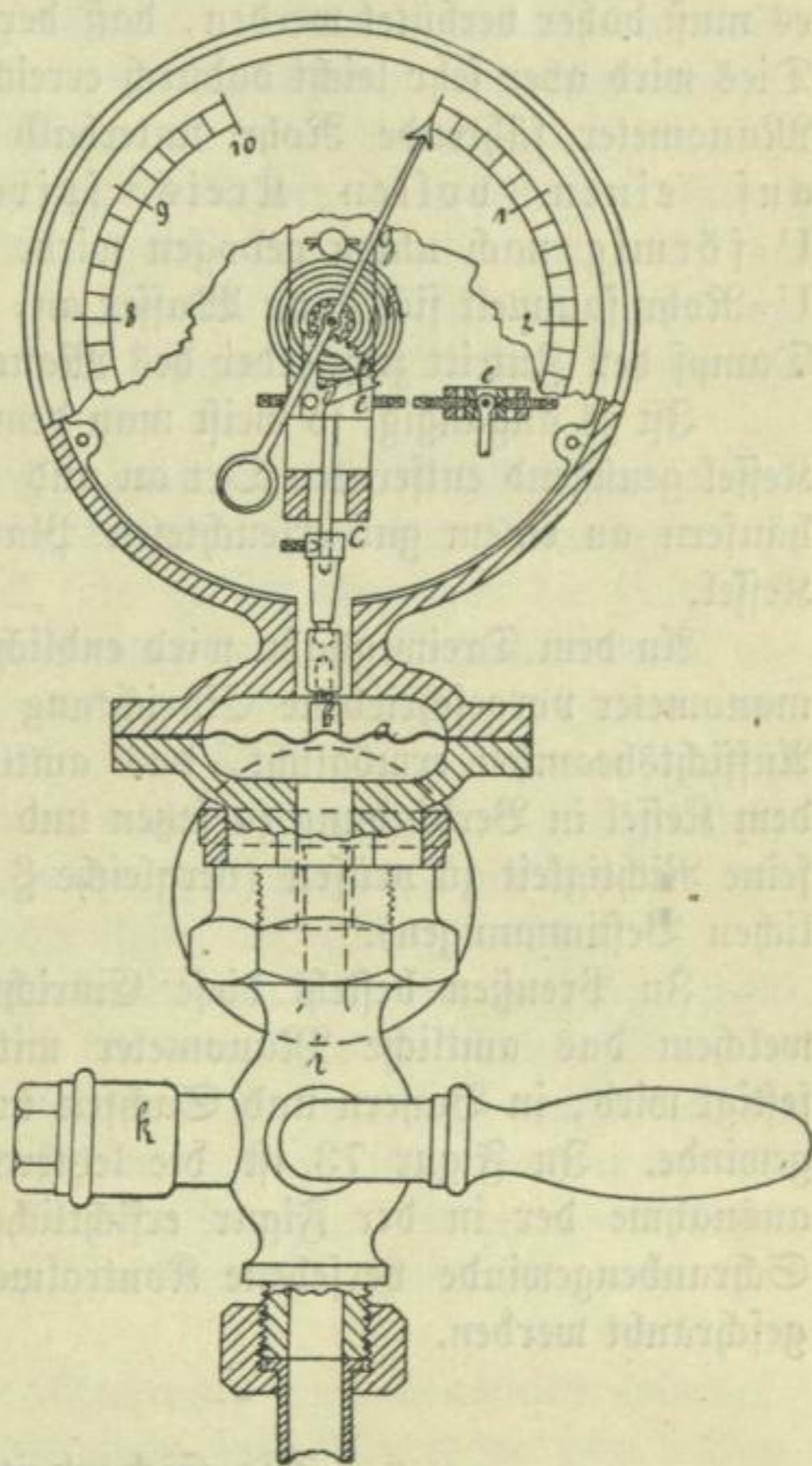


Fig. 73.

Richtigkeit infolge Erlassens oder auch Kostens der Feder einzubüßen. Die Erschlaffung der Feder und demnach falsches Zeigen des Manometers macht sich übrigens dem Heizer dadurch bemerkbar, daß nach dem Schließen des Dreiweghahnes und dem Ablassen des Druckes aus dem Manometer der Zeiger nicht mehr auf 0 zurückgeht.

Die Federn der Manometer werden um so rascher schlaff und die Manometer selbst unbrauchbar, je stärker sie der Hitze ausgesetzt sind; es muß daher verhütet werden, daß der Dampf die Feder berührt. Dies wird aber sehr leicht dadurch erreicht, daß das vom Kessel zum Manometer führende Rohr unterhalb des Manometers entweder auf einen vollen Kreis spiralförmig oder einmal U-förmig nach unten gebogen wird. In der Spirale oder dem U-Rohr sammelt sich dann Wasser an, welches kühl bleibt und dem Dampf den Zutritt zur Feder des Manometers verwehrt.

Ist es angängig, so weist man dem Manometer auch einen vom Kessel genügend entfernten Ort an und befestigt es z. B. in Kesselhäusern an einem gut erleuchteten Platz an der Wand neben dem Kessel.

An dem Dreiweghahn wird endlich in der Regel die für Federmanometer vorgeschriebene Einrichtung angebracht, welche es dem Aufsichtsbeamten ermöglicht, das amtliche Kontrolmanometer mit dem Kessel in Verbindung zu setzen und das Betriebsmanometer auf seine Richtigkeit zu prüfen (vergleiche § 13 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen).

In Preußen besteht diese Einrichtung in einem Flansch, an welchem das amtliche Manometer mittelst zweier Schrauben befestigt wird; in Bayern und Sachsen in einem Stutzen mit Muttergewinde. In Figur 73 ist die letztere Art dargestellt; nach Herausnahme der in der Figur ersichtlichen Schraube kann das mit Schraubengewinde versehene Kontrolmanometer in den Stutzen *k* geschraubt werden.

### 5. Die Sicherheitsventile.

Die Sicherheitsventile sollen, sobald der Dampfdruck die für den Kessel zulässige Höhe erreicht hat, den überschüssigen Dampf entweichen lassen, um eine weitere Steigerung des Druckes zu verhüten und den Kessel vor Gefahren zu bewahren. Leider erfüllt keines der gebräuchlichen Ventile diese Aufgabe ausreichend, da sich keines derselben genügend weit öffnet. Immerhin verhindert die Vorrichtung aber eine zu starke Zunahme des Dampfdruckes und erinnert auch durch das unangenehme Geräusch des ausströmenden

Dampfes den Heizer recht eindringlich an seine Pflicht, die Dampferzeugung zu mäßigen.

Im § 8 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen wird verlangt: „Jeder Dampfkessel muß mit wenigstens einem zuverlässigen Sicherheitsventil versehen sein. Dampfschiffs-, Lokomobil- und Lokomotivkessel müssen immer mindestens zwei Sicherheitsventile haben. Die Sicherheitsventile müssen jederzeit gelüftet werden können. Sie sind höchstens so zu belasten, daß sie bei Eintritt der für den Kessel festgesetzten höchsten Dampfspannung den Dampf entweichen lassen.“

Das Sicherheitsventil ist ein mit dem Dampfraum des Kessels in Verbindung stehendes Rohr, dessen äußere, kreisförmige Oeffnung durch einen belasteten Ventilteller geschlossen gehalten wird. Ist der höchste Dampfdruck erreicht, so überwältigt derselbe die Belastung des Ventiltellers; der letztere hebt sich und gewährt dem Dampf den Austritt.

Die Weite eines Sicherheitsventiles hat sich nach der Heizfläche und dem festgesetzten höchsten Druck des Dampfkessels zu richten, zu welchem es gehört. Je größer einerseits die Heizfläche eines Kessels ist, um so mehr Dampf hat das Sicherheitsventil abzuleiten, und um so größer muß der Durchmesser desselben sein. Andererseits entströmt aber auch einem Sicherheitsventil um so mehr Dampf, einen je höheren Druck derselbe besitzt. Bei gleicher Heizfläche darf daher der Kessel, welcher mit hohem Druck arbeitet, ein kleineres Ventil erhalten, als der Kessel mit geringem Druck.

Es bestanden früher gesetzliche Vorschriften, wie groß der Durchmesser eines Sicherheitsventiles bei beliebiger Heizflächengröße und bestimmtem Dampfdruck des Kessels mindestens sein mußte. Diese Vorschriften sind später aufgehoben worden; doch wendet man bei Bestimmung des erforderlichen Ventil-Durchmessers heutigen Tages ähnliche Regeln an. Auf dieselben kann allerdings hier nicht eingegangen werden.

Wird für einen Kessel ein allzugroßes Sicherheitsventil erforderlich, so bringt man, anstatt des einen, zwei kleinere mit dem halben Querschnitt an.

Nach der Art und Weise, in welcher die Belastung des Ventiltellers erfolgt, unterscheidet man Sicherheitsventile mit Gewichtsbelastung und solche mit Federbelastung.

Je nachdem ferner das belastende Gewicht oder die Kraft der Feder unmittelbar auf den Ventilteller wirkt oder hierzu die Beihilfe eines Hebels benutzt wird, bezeichnet man die Sicherheitsventile als solche mit direkter oder mit indirekter beziehungsweise Hebelbelastung.

Das Sicherheitsventil mit Gewichtsbelastung: Die direkte Belastung eines Sicherheitsventiles durch Gewichte findet selten Anwendung, weil hierzu meistens sehr große Gewichte erforderlich werden, die das Lüften des Ventiles außerordentlich erschweren, ja vielleicht unmöglich machen. Fast ohne Ausnahme erfolgt die Belastung des Ventiltellers unter Zuhilfenahme eines Hebels. Die Figuren 74 und 75 stellen ein solches, bei feststehenden Dampfkesseln recht gebräuchliches Ventil der Firma C. W. Julius Blanke & Co. in Merseburg dar.

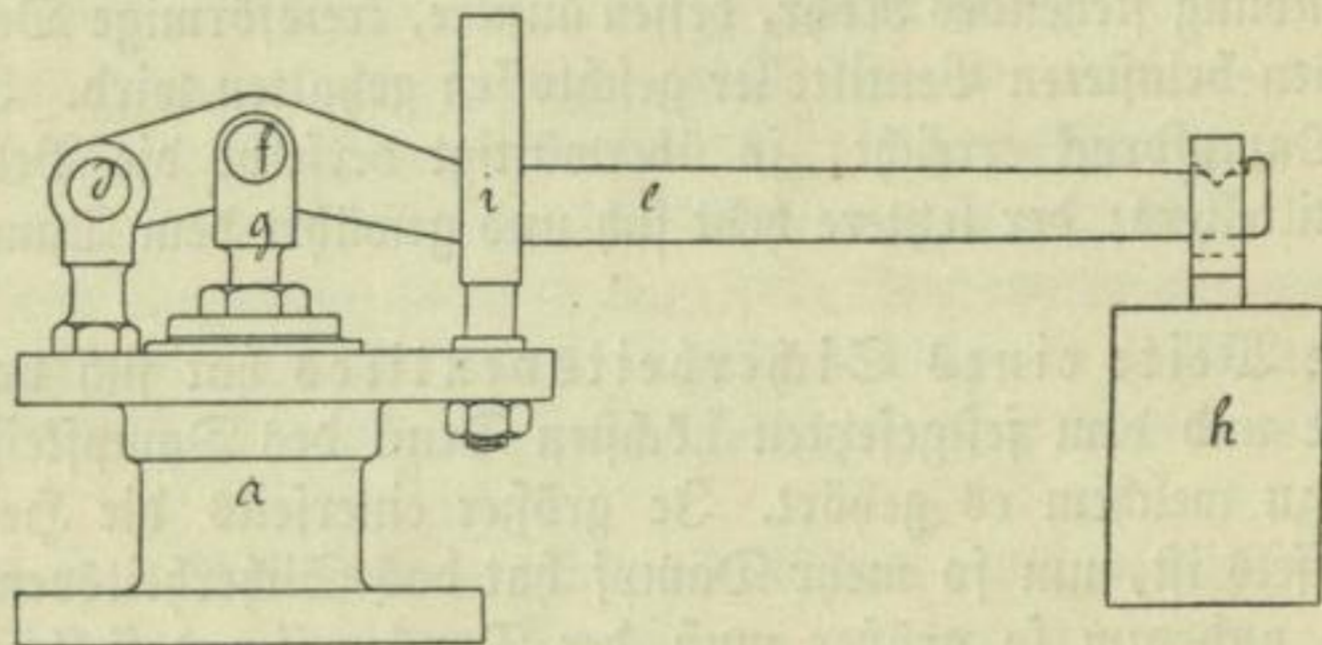


Fig. 74.

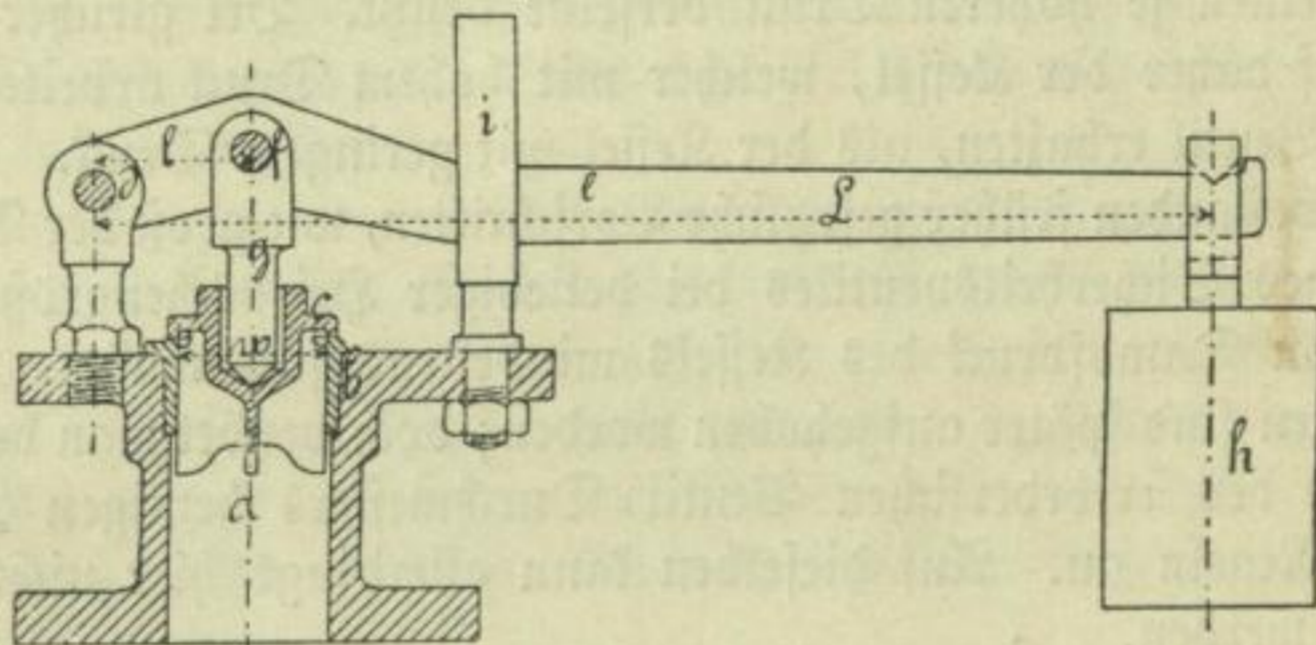


Fig. 75.

In das gußeiserne Ventilgehäuse *a* ist ein Ventilsitz *b* eingesetzt, welcher durch den mit drei oder vier Führungsflügeln in den Sitz hinabreichenden Ventilteller *c* geschlossen wird. Die schmale Verschlussfläche, in welcher sich Sitz und Ventilteller berühren, wird am besten eben gemacht; konische Flächen halten nicht so gut dicht. Auch werden Sitz und Teller aus Rothguß hergestellt, damit ein Zusammenrosten derselben vermieden wird.

An dem um den Bolzen *d* drehbaren Hebel *e* ist nun mittelst des Bolzens *f* der zugespitzte Druckbolzen *g* drehbar befestigt, welcher

den Druck des am Ende des Hebels wirkenden Gewichtes  $h$  auf den Ventilteller überträgt. Das Gewicht selbst ist entweder auf den Hebel gesteckt und dann mittelst einer in das Gewicht gebohrten Kopfschraube am Hebel festgeklemmt, oder es besitzt eine Dese und ist mit dieser am Hebel angehängen (vergleiche die Figur). Das Gewicht ruht mit einer Schneide auf dem Hebel; weiter hat der Hebel an seinem Ende eine Nase, welche das Gewicht vor dem Herabgleiten vom Hebel sichert.

Der Hebel bewegt sich in der Gabel  $i$ . Dieselbe ist oben geschlossen, damit der Hebel nicht zu hoch gehoben werden kann; sollte einmal der Ventilteller festsetzen, so könnte derselbe ja auch bei hochgehobenem Hebel, falls er sich plötzlich löste, herausgeschleudert werden.

Anstatt der Bolzen  $d$  und  $f$  werden zuweilen auch Schneiden angewendet, welche in Pfannen ruhen und dem Hebel und Druckbolzen als Stützpunkte dienen.

Das beschriebene Ventil, bei welchem der Ventilteller offen da liegt, nennt man ein offenliegendes.

Oft sitzt auf dem Ventil ein zweites, den Raum über dem Ventilteller umschließendes Gehäuse; der Druckbolzen ist dann durch den Deckel des Gehäuses geführt, das Gehäuse aber mit einem seitlich sich abzweigenden senkrechten Rohr versehen. Diese Anordnung hat den Zweck, den Dampf, welcher dem Ventil entströmt, in eine größere Höhe zu führen, damit derselbe Niemand belästigt und namentlich auf Schiffen das Personal, insbesondere den Steuermann, nicht am freien Ausblick verhindert. Man nennt solche Ventile verdeckt liegende.

Für feststehende Dampfkessel ist der besseren Zugänglichkeit wegen dem offenliegenden Ventil der Vorzug zu geben.

Finden Sicherheitsventile mit einer am Hebel wirkenden Gewichtsbelastung für bewegte Kessel Verwendung, so muß, damit die Erschütterungen während der Fahrt nicht ein beständiges Abblasen des Ventiles herbeiführen, das Gewicht elastisch aufgehängt werden. Es wird zu diesem Zwecke die Dese des Gewichtes an einem langen Bolzen angebracht, der an seinem Ende einen Bund besitzt. Das Gewicht erhält eine Durchbohrung, durch welche jener Bolzen gesteckt wird. Nun legt man aber zwischen Gewicht und Bolzen eine Spiralfeder; diese Feder nimmt die Stöße auf und macht sie unschädlich.

Zugleich muß aber auch das Pendeln des Gewichtes verhindert werden; dies wird einfach dadurch erreicht, daß man jenen Bolzen bis über das Gewicht hinaus verlängert und dort durch eine starke Dese führt, welche am Kessel oder in sonst geeigneter Weise befestigt ist.

Die Länge des Hebels und die Schwere des Gewichtes eines

Sicherheitsventiles haben natürlich genau dem für den Kessel festgesetzten höchsten Dampfdruck zu entsprechen. Die Prüfung des Ventiles auf richtige Belastung erfolgt entweder mit Hülfe eines zuverlässigen Manometers unter Wasser- oder Dampfdruck, oder durch eine Nachmessung und Berechnung. Das letztere Verfahren ist das bequemere.

Die Bestimmung der erforderlichen Schwere eines Gewichtes durch Rechnung dürfte aus dem folgenden Beispiele klar werden:

Der Durchmesser der vom Dampf berührten Fläche, welcher bei dem in Figur 75 dargestellten Ventil gleich der lichten Weite des Ventilsitzes  $w$  ist, betrage 90 mm und der höchste zulässige Dampfdruck des Kessels 6 Atmosphären Ueberdruck. Dann besitzt der Ventilteller, dem Durchmesser von 90 mm entsprechend, eine Druckfläche von 63,6 Quadratcentimetern, auf welche durch den Dampf bei 6 Atmosphären Ueberdruck nach Abzug des von außen auf den Teller wirkenden Luftdruckes ein Druck von  $63,6 \times 6 = 381,6$  kg ausgeübt wird.

Ferner betrage der Abstand  $l$  zweier durch die Mitte der beiden Bolzen  $d$  und  $f$  gelegten senkrechten Linien oder, wie man sagt, die kleinere Hebellänge 100 mm; der Abstand  $L$  zweier durch die Mitte des Bolzens  $d$  und des Gewichtes  $h$  gelegten senkrechten Linien oder die ganze Hebellänge aber 700 mm.

Die Wirkung des Gewichtes hat der Wirkung des Dampfdruckes das Gleichgewicht zu halten; dann müssen sich aber nach dem Hebelgesetz die beiden auf den Hebel wirkenden Kräfte, das Gewicht und der Dampfdruck, zueinander umgekehrt verhalten, wie ihre Hebelarme  $L$  und  $l$ .

Das am Hebel anzuhängende Gewicht hat daher, da die Hebellänge, an welchem es wirkt, 7mal so groß ist, als die Hebellänge, an welcher der Dampfdruck angreift,  $\frac{1}{7}$  des Dampfdruckes zu betragen, d. h. es muß  $\frac{381,6}{7} = 54,5$  kg schwer sein.

Das Sicherheitsventil mit Federbelastung: Bei den Sicherheitsventilen mit Federbelastung finden beide Arten der Uebertragung des Federdruckes auf den Ventilteller Anwendung, sowohl die direkte als auch die indirekte unter Vermittelung eines Hebels.

Den Ventilen mit Gewichtsbelastung gegenüber besitzt diese Bauart den Nachtheil, daß sich mit dem Heben des Ventiles auch der Federdruck vergrößert; ein solches Ventil öffnet sich daher noch weniger weit, wie ein Ventil mit Gewichtsbelastung. Da aber ein Ventil mit Federbelastung weit unempfindlicher gegen Erschütterungen ist, so werden solche Ventile bei allen beweglichen Kesseln, den Lokomotiv-, Lokomobilkesseln u. a. mit Vorliebe verwendet.



Einzelne Ventile mit direkter Federbelastung, bei welchen dann gewöhnlich die aus starkem Stahldraht oder flachem Stahl hergestellte Feder in eine über das Ventil geschraubte, mit Oeffnungen versehene Büchse eingeschlossen ist, sind nicht zu empfehlen; solche Ventile lassen sich schon bei mäßiger Größe nicht mehr lüften. Sie werden zuweilen an Lokomotivkesseln angebracht, sind aber dort auch regelmäßig festgebrannt und ungangbar anzutreffen.

Bei Lokomotivkesseln finden sehr häufig doppelte, mit direkter Federbelastung versehene Ventile in der aus den Figuren 76 und 77

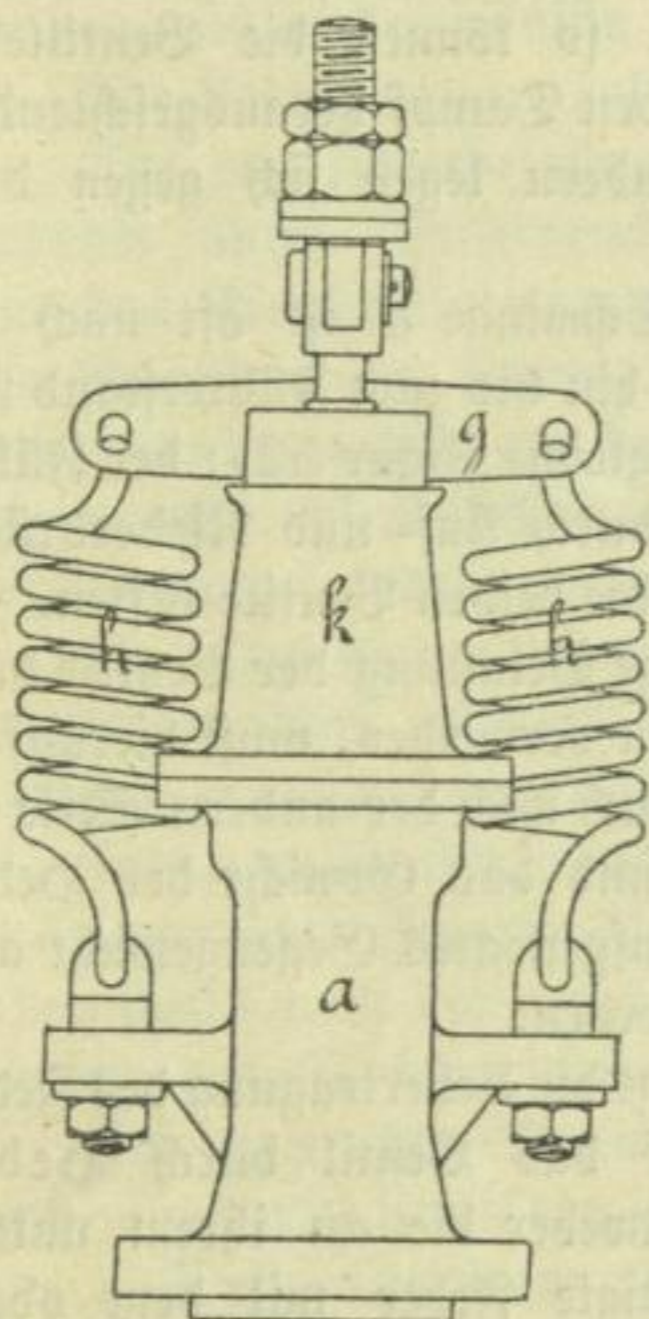


Fig. 76.

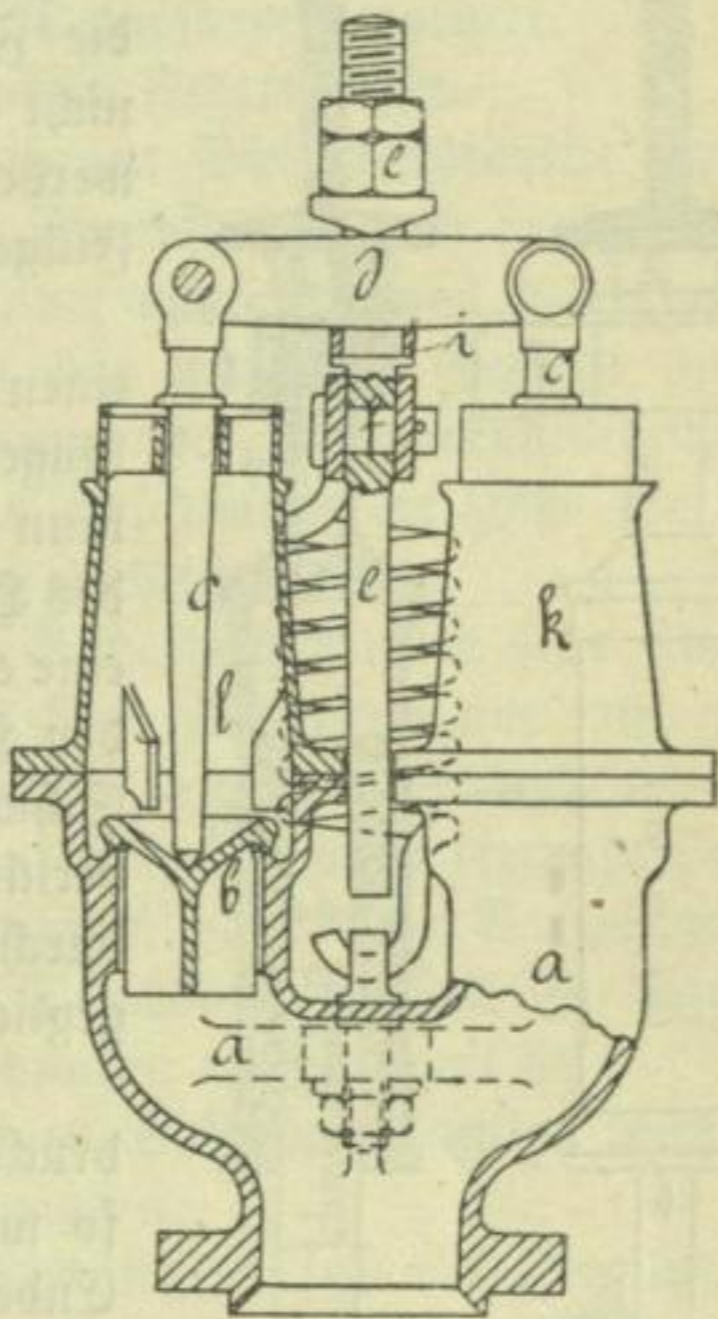


Fig. 77.

ersichtlichen Form Verwendung, welche Bauart von dem Engländer Ramsbottom herrührt.

Das aus Rothguß hergestellte Ventilgehäuse *a* enthält zwei Ventilsitze, die durch je einen Ventilteller *b* geschlossen werden. Die Druckbolzen *c* sind mit der Schwinde oder dem Balancier *d* mittelst je eines Bolzens drehbar verbunden.

Durch die Mitte der Schwinde *d* ist nun das Zwischenstück *e* gesteckt, welches unterhalb der Schwinde durchbohrt ist und mittelst des Bolzens *f* zwei weitere Schwingen oder Balanciers *g* trägt, an deren Enden die beiden unten am Ventilgehäuse befestigten Federn *h* eingehängt sind. In seinem oberen Theile ist das Stück *e*

mit Gewinde, Mutttern und einer mit einer Schneide ausgerüsteten Unterlegscheibe versehen, welche den Zug der Federn auf die Schwinge *d* und die Ventile übertragen. Der Zwischenring *i* verhindert, daß die Federn schärfer angespannt und die Ventile mehr belastet werden, als der höchste zulässige Dampfdruck verlangt.

Auf die Ventile sind endlich rohrartige Aufsätze *k* geschraubt, welche zur Abführung des Dampfes dienen und zugleich den Druckbolzen eine Führung geben. An ihrem unteren Ende sind diese

Aufsätze aber mit drei Flügeln *l* versehen, welche in das Ventilgehäuse ragen; brechen die Federn, so können die Ventilteller nicht durch den Dampf herausgeschleudert werden, sondern legen sich gegen diese Flügel.

Die Schwinge *d* ist oft nach der einen Seite hin bis zum Führerstand verlängert (vergleiche Figur 52); der Führer kann dann durch Auf- und Niederdrücken des Hebels die beiden Ventile lüften. Um eine einseitige Belastung der Ventile durch den Hebel zu vermeiden, muß hierauf die Schwinge auch nach der andern Seite hin verlängert und das Gewicht des Hebels durch ein aufgestecktes Gegengewicht ausgeglichen werden.

Erfolgt die Uebertragung des Federdruckes auf das Ventil durch Hebel, so wird entweder die an ihrem unteren Ende befestigte Feder mit dem oberen Ende unmittelbar am Hebel angehängen, doch so, daß man die Spannung der Feder durch eine mit Mutttern versehene Schraube in ähnlicher Weise, wie bei dem

Ramsbottom-Ventil, regeln kann; oder die Feder enthält die Form einer Federwaage. Eine häufig für Lokomobilen benutzte Federwaage ist in den Figuren 78 und 79 dargestellt.

Zwei Spiralfedern sind in eine messingene Federbüchse *a* eingeschlossen. Diese Federn stützen sich oben gegen den Rand einer durch den Boden der Federbüchse geführten Hängestange *b*, welche mit ihrem unteren Ende auf einen am Kessel befestigten Bolzen gesteckt ist; unten legen sich die Federn gegen den Boden der Federbüchse.

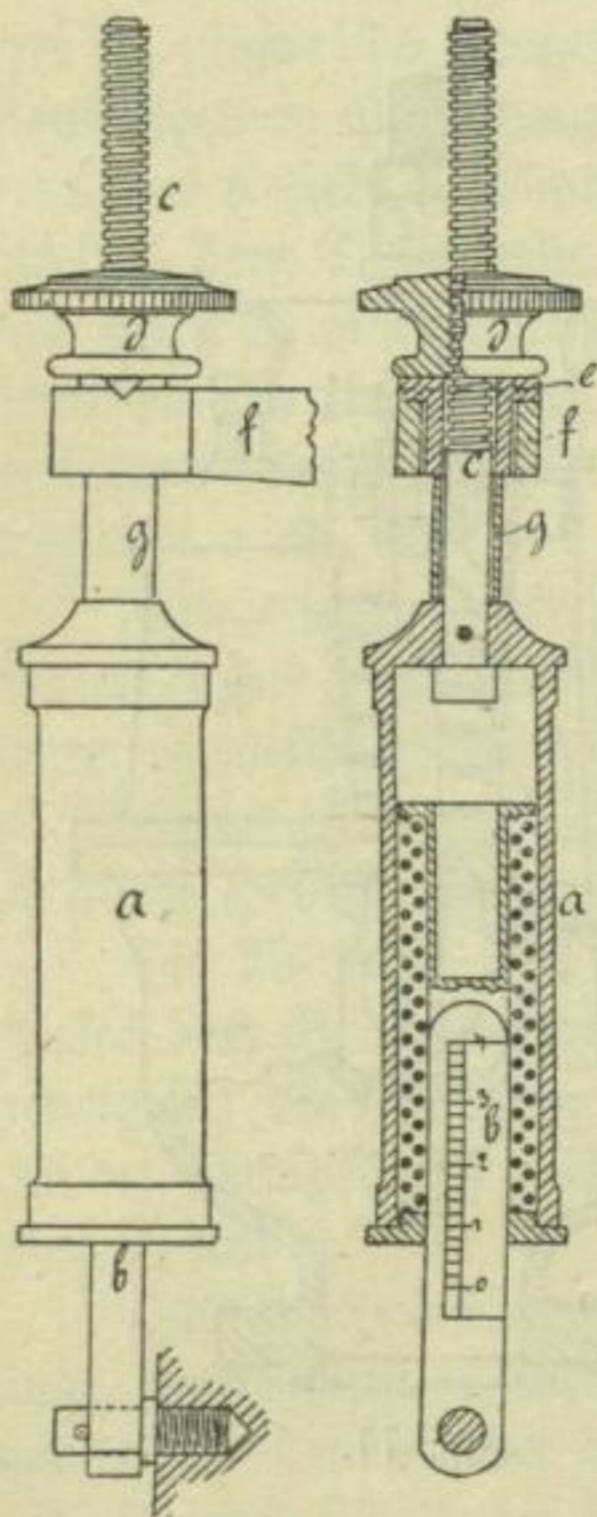


Fig. 78.

Fig. 79.

Auf dem unteren, flachen Theil der Hängestange wird gewöhnlich eine Theilung angebracht, welche die Spannung der Feder nach Kilogrammen oder die Belastung des Ventiles nach Atmosphären anzeigt.

Die Federbüchse ist nun an ihrem oberen Ende mit der Schraubenspindel *c* versehen, welche den Druck der zusammengepreßten Federn mit Hilfe der Mutter *d* und der mit zwei Schneiden versehenen Büchse *e* auf den Hebel *f* des Sicherheitsventiles überträgt. Die zwischen den Hebel und die Federbüchse über die Spindel geschobene Hülse *g* verhindert den Heizer, die Federn stärker anzuspannen, als es der zulässig höchste Dampfdruck erfordert.

Die Lokomotiven erhalten ähnliche Federwaagen.

Die mit Federbelastung versehenen Sicherheitsventile werden entweder unter Wasserdruck oder Dampfdruck nach einem genau zeigenden Manometer eingestellt; oder man berechnet die erforderliche Belastung der Federn, hängt das berechnete Gewicht an die letzteren und ermittelt aus der Dehnung oder Zusammendrückung der Federn unter Berücksichtigung aller Nebenmaße die Höhe der über die Schraubenspindel zu schiebenden Sicherheitshülse.

Bei allen bisher besprochenen Sicherheitsventilen hebt sich der Ventilteller selbst während des stärksten Abblasens nur um einige Millimeter; es hat daher nicht an Versuchen gefehlt, Sicherheitsventile herzustellen, welche sich so weit öffnen, daß aller mehr erzeugte Dampf sofort entweicht. Einestheils die Umständlichkeit solcher Vorrichtungen, anderntheils auch die eintretenden Dampfverluste sind die Ursachen gewesen, daß sich keine dieser Erfindungen eingebürgert hat.

Die regelrechte Wirksamkeit eines Sicherheitsventiles kann nun durch mancherlei Umstände gestört werden:

1. Desters tritt ein zu frühes Abblasen des Ventiles ein; die Ursachen dieser Erscheinung sind sehr mannigfaltiger Art:

Liegt die Verschlußfläche nicht wagerecht, so kommt die Belastung des Gewichtes nicht voll zur Wirkung, und bläst das Ventil zu früh ab; die Stellung des Ventiles ist dann zu berichtigen.

Besitzt die Verschlußfläche eine zu große Breite, so ist das Ventil ebenfalls nicht dicht zu halten; der zwischen die Sitzflächen dringende Dampf hebt den Ventilteller aus, und das Ventil bläst vor Erreichung des zulässigen höchsten Dampfdruckes ab. Die Breite der Verschlußfläche soll daher für Ventile bis zu 50 mm Durchmesser höchstens  $1\frac{1}{2}$  mm, für Ventile bis zu 100 mm Durchmesser höchstens  $2\frac{1}{2}$  mm und für größere Ventile höchstens 3 mm betragen. Zu breite Verschlußflächen sind durch Nachdrehen auf der Drehbank zu beseitigen.

Auch zwischen die Verschlußflächen gerathener Schmutz führt zu frühem Abblasen herbei; ist derselbe nicht durch Lüften des Ventiles zu beseitigen, so hilft gewöhnlich ein damit verbundenes Drehen des Ventiltellers, welcher zu diesem Zweck meistens mit einem vier- oder sechskantigen, das Ansetzen eines Muttereschlüssels ermöglichenden Ansatz versehen wird (vergleiche Figur 74).

Ist aber die Verschlußfläche schartig geworden, so bläst das Ventil beständig und muß gelegentlich der Reinigung des Kessels mit Del und feinem Schmirgel nachgeschliffen werden; dichte Ventilflächen sehen nach dem Schleifen gleichmäßig mattgrau aus und haben keine blanken Stellen.

Steht weiter der Druckbolzen nicht genau auf der Mitte des Ventiltellers, so erfolgt auf der Seite, wo sich der größere Theil der Druckfläche befindet, ein einseitiges zu frühes Abblasen; der Stützpunkt des Ventiltellers muß dann mit Hülfe der Drehbank genau nach der Mitte gebracht werden.

Auch tritt ein Kippen des Ventiltellers und zu frühes Abblasen ein, wenn der Druckbolzen schief steht; es bedarf dann die Lagerung des Ventilhebels einer Nachhülfe.

Bei manchen Ventilen liegt der Stützpunkt des Druckbolzens am Ventilteller über der Verschlußfläche; dann hat der Ventilteller ebenfalls Neigung zum Kippen, und das Ventil bläst zu früh ab. Der Stützpunkt soll mit der Verschlußfläche in gleicher Höhe, besser aber noch, wie in Figur 74 und 75, unterhalb dieser Fläche liegen. Ein längerer Druckbolzen und die Verkürzung des Ventiltellers heben das Uebel.

Hat sich ferner der Hebel durchgebogen oder durch vieles Nachschleifen des Ventiles so tief gesenkt, daß er in der Gabel aufsitzt, so kann das Gewicht oder die Feder nicht den vollen Druck auf den Ventilteller ausüben, welcher infolgedessen Dampf entweichen läßt. Durch Ausrichten des Hebels und Nachhilfe in der Gabel kommt das Ventil wieder in Ordnung.

2. Zuweilen stellt sich ein zu spätes Abblasen des Sicherheitsventiles, welches auch von einem nicht rechtzeitigen Wiederschließen nach dem Abblasen begleitet ist, ein.

Das Ventil versagt, wenn sich zwischen die Führungsflügel des Ventiltellers und den Sitz Schmutz gesetzt hat, oder dort zu wenig Spielraum vorhanden ist, so daß sich der in der Wärme ausdehnende Teller an der Wand des Sitzes stark reibt und klemmt. Der Schmutz kann gewöhnlich durch Lüften des Ventiles und Drehen des Ventiltellers entfernt werden; an zu straff eingepaßten Ventiltellern ist bei Stillstand des Kessels mit der Schlichtfeile nachzuhelfen; die Führungsflügel sollen im Sitz etwa  $\frac{1}{2}$  mm Spielraum haben.

Reibt ferner bei verdeckt liegenden Ventilen der Druckbolzen am Deckel des Ventilgehäuses, oder klemmt der Hebel des Ventiles in der Gabel, so wird das Abblasen ebenfalls verzögert und muß dann für entsprechende Abhilfe gesorgt werden.

Um Klemmungen zu vermeiden, müssen endlich alle Drehbolzen sowie auch die Federn der Federwaagen leicht beweglich sein und etwas geölt werden.

3. Das Sicherheitsventil kommt endlich gar nicht zum Abblasen.

Dieser Zustand ist die Folge, wenn die unter 2 erörterten Störungen so starke werden, daß sie die Hebung des Ventiles ganz unmöglich machen, oder wenn der Teller des Ventiles auf dem Sitz festgebraunt ist. Das erstere wird bei einem im regelmäßigen Gebrauch befindlichen und einem neuen, von einer guten Fabrik gelieferten Ventil gar nicht, also höchstens einmal bei einem schlecht gebauten Ventil vorkommen; das letztere tritt ein, wenn der Heizer thörichter Weise die Verschlußflächen geölt oder eingetalgt und das Ventil längere Zeit nicht gelüftet hat. Der Kessel ist dann entweder sofort oder spätestens nach Feierabend abzublasen und das Ventil einer gründlichen Instandsetzung zu unterwerfen.

Sind die Sicherheitsventile so vielfachen Störungen unterworfen, so ist es auch strenge Pflicht des Heizers, sich täglich mehrere Male durch Lüften des Ventiles von der Diensttüchtigkeit desselben zu überzeugen. Ein gut in Ordnung befindliches Ventil hebt sich in der Nähe des höchsten Dampfdruckes, für welchen es bestimmt ist, durch den leisesten Druck der Hand und schließt sich auch von selbst wieder.

#### 4. Die Speisevorrichtungen.

Die Innehaltung eines bestimmten Wasserstandes, deren Nothwendigkeit auf Seite 170 erläutert wurde, erfordert, daß das in einem Dampfkessel verdampfte Wasser von Zeit zu Zeit oder ununterbrochen durch frisches ersetzt wird; hierzu dienen die Speisevorrichtungen.

Es finden vier Arten von Speisevorrichtungen im Dampfkesselbetrieb Verwendung; nämlich Rücklaufvorrichtungen, Kolbenspeisepumpen, Dampfstrahlpumpen (Injektoren) und selbstthätige Speisevorrichtungen.

Nach § 4 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen muß jede Dampfkesselanlage mit zwei zuverlässigen Vorrichtungen zur Speisung versehen sein, welche nicht von derselben Betriebsvorrichtung abhängig sind, und von denen jede für sich im Stande ist, dem

Kessel (oder den Kesseln) das zur Speisung erforderliche Wasser zuzuführen.

Hiernach sind zwei Speisepumpen, welche von demselben Motor bewegt werden, unzulässig; wohl aber würden zwei Dampfstrahlpumpen, die aus demselben Kessel ihren Betriebsdampf beziehen, dem Gesetz genügen.

Damit die Speisevorrichtungen selbst bei weniger gutem Zustand und auch in Zeiten stärkeren Dampfverbrauches im Stande

sind, die Kessel mit dem nöthigen Wasser zu versorgen, ohne ununterbrochen im Betrieb sein zu müssen, werden sie so groß angelegt, daß sie das Doppelte bis Dreifache der von den Kesseln durchschnittlich verbrauchten Wassermenge liefern können.

Die Rücklaufvorrichtung: Die an und für sich einfachste, jedoch nicht die billigste Speisevorrichtung ist die Rücklaufvorrichtung, die auch den französischen Namen *retour d'eau* (sprich *retur doh*) führt und in Figur 80 dargestellt ist.

Sie besteht in der Hauptsache aus einem schmiedeeisernen, über dem Kessel aufgestellten, ge-

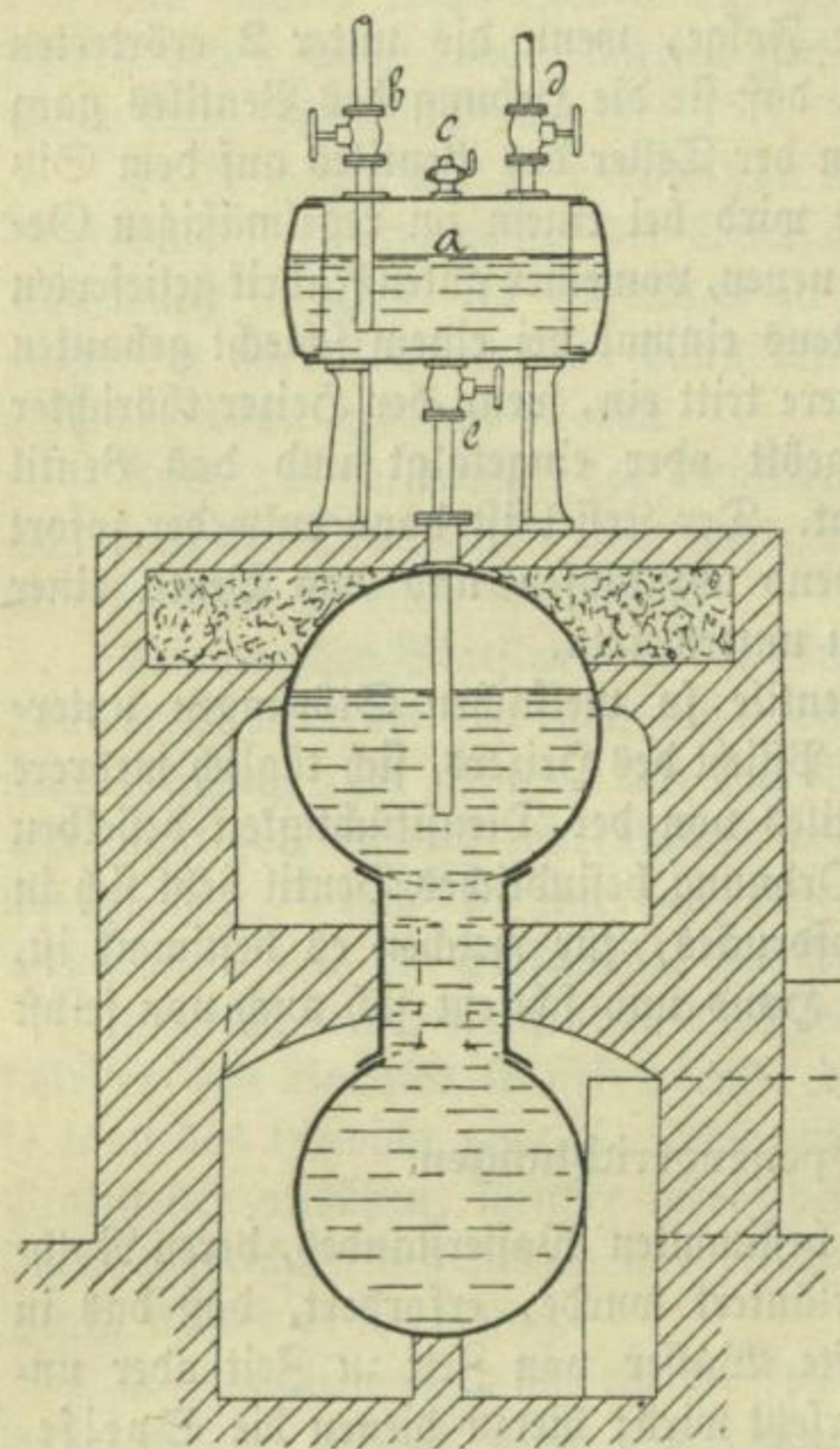


Fig. 80.

schlossenen Gefäß *a*, welches durch das mit einem Ventil versehene Rohr *b* mit Wasser gefüllt wird. Hierzu ist aber erforderlich, daß die in dem Gefäß enthaltene Luft entweichen kann. Diesem Zweck dient der Hahn *c*, der die Luft ausläßt und nach der Füllung des Gefäßes wieder geschlossen wird.

Um das Wasser hierauf in den Kessel hinab zu befördern, muß zunächst im Gefäß *a* der gleiche Druck wie im Kessel hergestellt werden; dies geschieht mit Hilfe des Ventiles *d*, welches frischen Dampf aus

dem Kessel zuführt. Hat der Druck im Gefäß die Höhe des Kessel-Druckes erreicht, und wird nunmehr das Ventil des nach dem Kessel führenden Rohres *e* geöffnet, so fließt der Wasserinhalt nach dem Kessel herab, und das Gefäß füllt sich mit Dampf an.

Ist alles Wasser in den Kessel gelangt, so werden die Ventile *d* und *e* wieder geschlossen. Entfernt man jetzt den Dampf durch den Hahn *c*, oder wartet man einige Zeit, bis sich dieser Dampf durch Abkühlung verdichtet hat, so kann das Gefäß von Neuem gefüllt werden.

Es ist übrigens nicht erforderlich, daß der Rücklaufvorrichtung das frische Wasser aus einem höher gestellten Behälter oder unter Druck zugeführt wird; läßt man den Dampf sich verdichten, so geht der Druck im Gefäß auf ein sehr geringes Maß herab, und die Vorrichtung saugt schließlich auch aus einem tiefergelegenen Behälter oder einem Brunnen Wasser herauf.

Die Saughöhe hängt indessen von der im Gefäß noch herrschenden Temperatur ab; hätte sich dieselbe z. B. bis auf  $45^{\circ}$  C erniedrigt, so beträgt der Druck in demselben nach Seite 12 nur noch 0,1 Atmosphären, also 0,9 Atmosphären weniger, als der auf dem Wasserspiegel des Behälters oder Brunnens lastende Luftdruck, und der letztere Druck könnte das Wasser 9 m hoch heben. Auf 5 bis 6 m Höhe wird die Vorrichtung stets sicher und ohne zu großen Zeitverlust zu saugen vermögen.

Die Bedienung der Rücklaufvorrichtung ist offenbar eine sehr einfache und leichte; sie wird nur durch die erhöhte Aufstellung des Gefäßes etwas erschwert. Ein Versagen der Vorrichtung kann kaum eintreten, besonders wenn ihr das Wasser zufließt.

Das Gewicht und der Preis der Vorrichtung sind aber ziemlich beträchtlich. Auch treten nicht unbedeutende Dampf- und Wärmeverluste ein, wenn dieselbe vor jeder Füllung von Dampf entleert und nicht gegen Wärmeausstrahlung geschützt wird; das letztere ist aber nicht gut angängig, wenn sie sich rasch wieder vollsaugen soll.

Die Rücklaufvorrichtung findet daher in neuerer Zeit nur noch selten Anwendung. Für Dampfheizungsanlagen, bei welchen der Dampfkessel tief liegt, aller Dampf nach seiner Verwendung der Vorrichtung aus den höher gelegenen Stockwerken in Gestalt von heißem Wasser wieder zufließt, und das Gefäß auch mit Wärmeschutzmasse umhüllt werden darf, ist sie indessen noch heutigen Tages am Platze.

Die Kolbenspeisepumpe: Eine weit gebräuchlichere Speisevorrichtung ist die Speisepumpe, die man zum Unterschied von der Dampfstrahlpumpe auch Kolbenpumpe nennt. Die Figuren 81

(Aufriß) und 82 (Schnitt) stellen eine von der Firma Schäffer & Budenberg in Buckau-Magdeburg gut ausgeführte Kolbenspeisepumpe dar.

Das gußeiserne Pumpengehäuse besteht aus zwei, durch ein Rohr mit einander verbundenen Haupttheilen, dem Stiefel *a* und dem Ventilgehäuse *b*.

In den ersteren taucht der massive Kolben *c* ein; die Stopfbüchse *d* schließt den Raum des Stiefels nach außen hin dicht ab, ohne die Beweglichkeit des Kolbens zu beeinträchtigen. Der dichte Abschluß des Kolbens wird durch geflochtene, mit Talg eingefettete

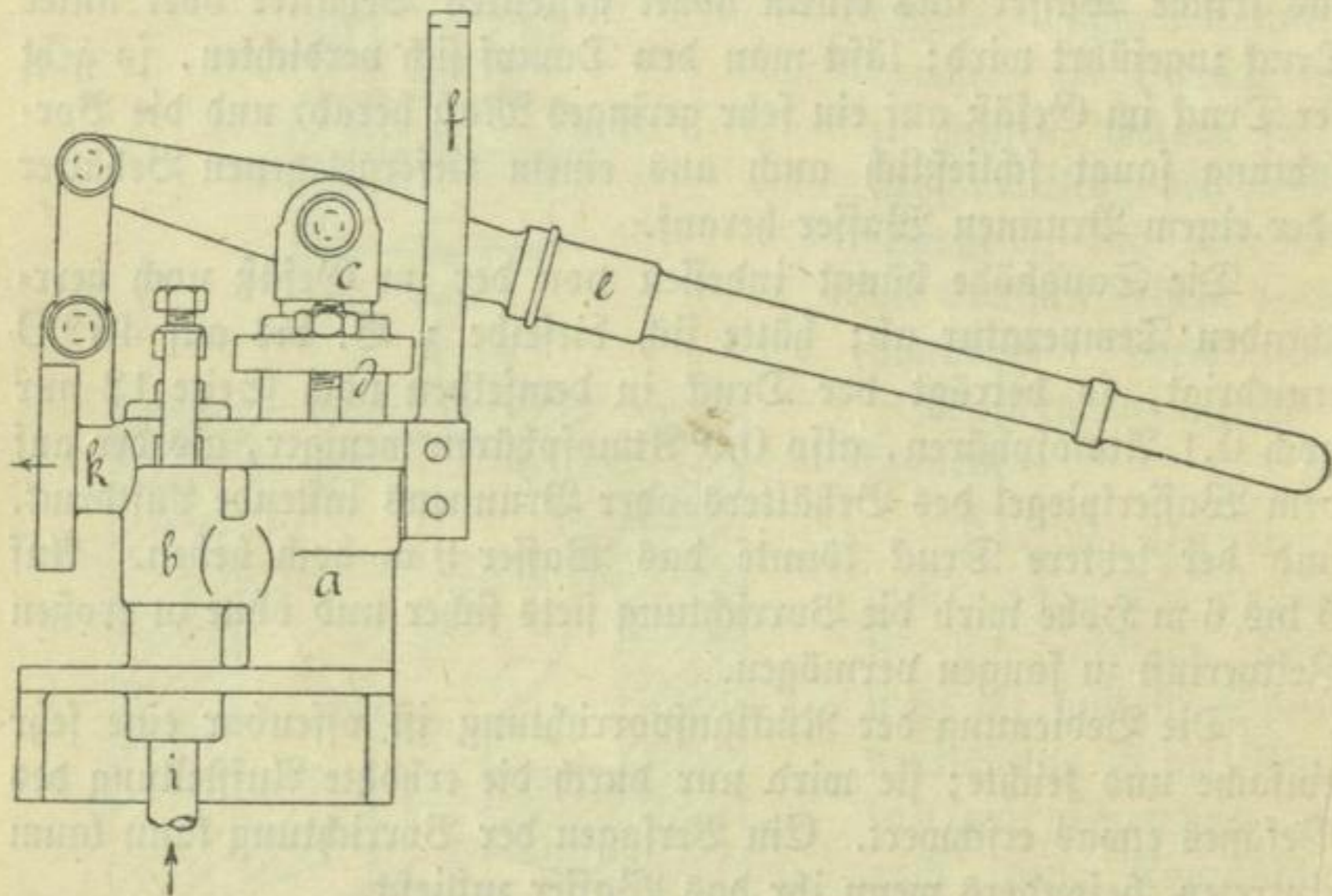


Fig. 81.

Hanfzöpfe erzielt, die in diese Büchse gelegt und mittelst zweier Schrauben und der sogenannten Stopfenbüchsenbrille zusammen- und an den Kolben gepreßt werden. Der Kolben ist mittelst eines Bolzens an den um seinen Endpunkt schwingenden Hebel *e* angeschlossen, und wird mittelst des letzteren in eine auf- und abwärts gerichtete Bewegung versetzt. Die Gabel *f* verhindert, daß der Kolben zu hoch gezogen wird.

In dem Ventilgehäuse *b* befinden sich nun zwei aus Rothguß hergestellte Ventile *g* und *h*, die beide wieder aus einem dicht in das Gehäuse eingesetzten Sitz und einem mit Führungsflügeln versehenen Teller bestehen; *g* ist das Saugventil, *h* das Druckventil. Das Ventilgehäuse ist mit einem Deckel versehen; durch einen übergeschobenen Bügel und eine Druckschraube wird dieser Deckel in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise auf das Gehäuse gepreßt und



dasselbe dicht abgeschlossen. Dieser leicht lösbare Verschluss ermöglicht es, den Deckel rasch zu entfernen und die Ventile einer Untersuchung zu unterwerfen. An das Ventilgehäuse schließt sich unten das nach einem Wassergefäß oder dem Brunnen führende Saugrohr *i* und seitlich das nach dem Kessel führende Druckrohr *k* an.

Die Wirkungsweise der Pumpe ist leicht verständlich: Bei dem Aufwärtsgang des Kolbens wird die anfangs im Ventilgehäuse eingeschlossene Luft oder das später daselbst befindliche Wasser in den Stiefel gezogen; das Saugventil hebt sich infolge dessen, und es strömt aus dem Saugrohr Luft, beziehungsweise Wasser in das Ventilgehäuse. Bei dem Abwärtsgang des Kolbens schließt sich das Saugventil; die Luft oder das Wasser wird aus dem Stiefel wieder herübergerepft und nach Ueberwindung des auf dem Druckventil lastenden Druckes in das Druckrohr, beziehungsweise in den Kessel gedrückt.

Um zu prüfen, ob die Pumpe ansaugt, und zu verhindern, daß die von der Pumpe angesaugte Luft in die Rohrleitung gelangt, bringt man oft am Ventilgehäuse zwischen Saug- und Druckventil ein kleines Entlüftungshähnhchen an, welches abwechselnd während des Saugens geschlossen und während des Drückens zum Auslassen der angesaugten Luft geöffnet wird. Sowie dem Hähnhchen nicht mehr Luft, sondern Wasser entströmt, arbeitet die Pumpe regelrecht.

Hat eine Pumpe hoch zu saugen, so muß das Saugrohr, damit das Ansaugen sicherer und rascher erfolgt, an seinem Ende mit einem zweiten Saugventil, einem sogenannten Fußventil versehen werden. Man füllt das Saugrohr vor der ersten Benutzung der Pumpe mit Wasser an, und bleibt dasselbe hiernach immer gefüllt stehen; die Pumpe liefert dann jederzeit sofort Wasser.

Steht zu erwarten, daß Unreinigkeiten in das Saugrohr gelangen, was vermieden werden muß, so ist auch das Ende des Saugrohres mit einem Saugkorb, d. h. einem aus Draht geflochtenen Korb oder einem Gitter auszurüsten, wodurch das Eindringen jener Körper verhindert wird.

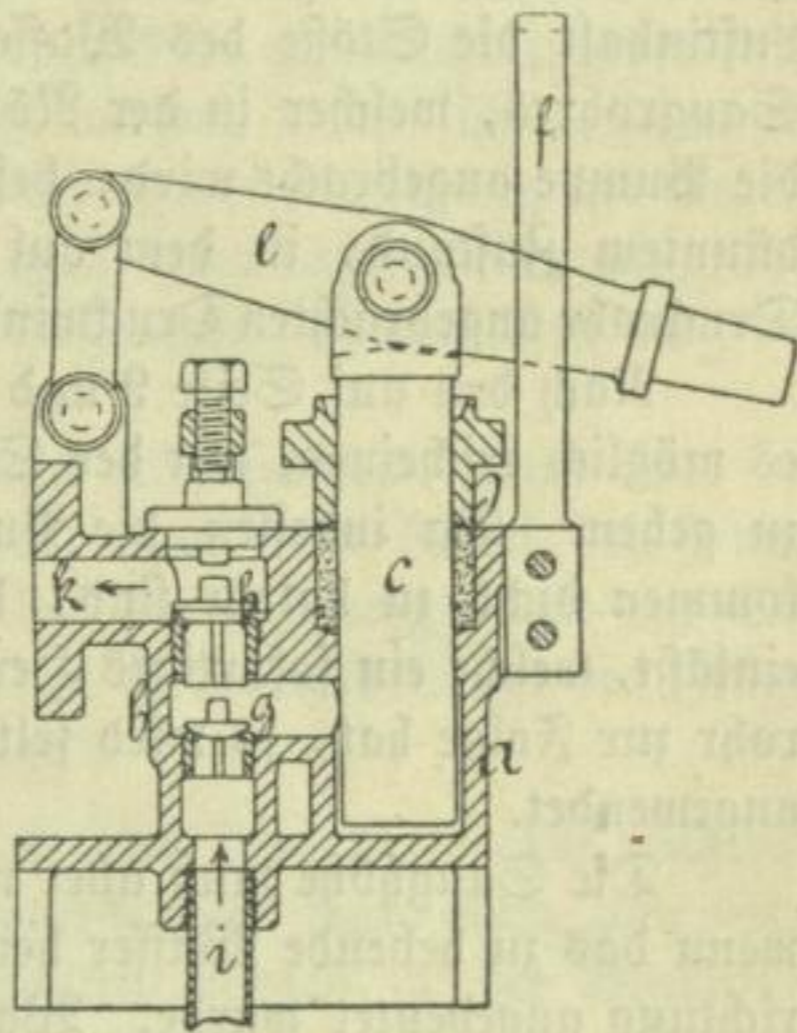


Fig. 82.

Bei raschem Gang der Pumpen und langen Saug- und Druckrohren tritt ferner ein heftiges Schlagen des Wassers ein. Die in den Rohren eingeschlossenen unelastischen Wassersäulen müssen sich, der Bewegung des Kolbens entsprechend, mit wechselnder Geschwindigkeit bewegen und in dem Augenblick, wo die Bewegungsrichtung des Kolbens wechselt, plötzlich zur Ruhe kommen; sie geben aber ihre Geschwindigkeit nur unter heftigen, den Druck in den Rohren steigernden und dieselben gefährdenden Stößen auf. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, werden die Rohrleitungen mit sogenannten Windkesseln versehen; es sind dies birnenförmige, auf die Rohrleitungen gesetzte, geschlossene Kessel, deren elastischer Luftinhalt die Stöße des Wassers aufnimmt. Im Windkessel des Saugrohres, welcher in der Nähe der Einmündung des letzteren in die Pumpe angebracht wird, befindet sich natürlich die Luft in verdünntem Zustand, in dem auf dem Ventilgehäuse oder auf dem Druckrohr angebrachten Druckwindkessel dagegen in gepreßtem Zustand.

Nach den auf Seite 9 und 10 gegebenen Erläuterungen könnte es möglich erscheinen, mit der Saughöhe der Pumpen bis auf 10 m zu gehen. Da indessen die Pumpe und das Saugrohr nie vollkommen dicht zu halten sind, die geringste Undichtheit aber Luft einläßt, welche ein sofortiges Herabsinken der Wassersäule im Saugrohr zur Folge hat, so wird selten eine größere Saughöhe als 7 m angewendet.

Die Saughöhe muß aber noch entsprechend vermindert werden, wenn das zu hebende Wasser heiß ist, wie schon bei der Rücklaufvorrichtung angedeutet wurde. Wasser von  $100^{\circ}\text{C}$  kann gar nicht gehoben werden, da es sich bei der geringsten Verminderung des auf ihm lastenden Druckes in Dampf verwandelt. Für  $80,9^{\circ}\text{C}$  warmes Wasser, welches bei einem Druck von 0,5 Atmosphären siedet, darf aber die Saughöhe auch höchstens 5 m betragen, da der Druck im Saugrohr nicht unter  $\frac{1}{2}$  Atmosphäre herabzubringen ist.

Für kleine Kessel genügt es, die Pumpen durch den Heizer mit der Hand bewegen zu lassen. Große Kessel können durch Handpumpen nicht mehr gespeist werden, da dieselben trotz aller Anstrengung des Heizers nicht genug Wasser zu liefern vermögen. Die entsprechend größer gebauten Pumpen werden dann von der Maschine oder von der Transmission mittelst eines Excenters oder einer Kurbel und einer an den Kolben angeschlossenen Stange in Bewegung gesetzt; man nennt solche Pumpen Maschinen- oder Transmissionspumpen.

Zuweilen werden die Speisepumpen auch mit einer kleinen, eigens für diesen Zweck erbauten Dampfmaschine ausgerüstet und zu

einer sogenannten Dampfmaschine umgestaltet. Es sind hierbei zweierlei Bauarten üblich; man verbindet entweder die Kolbenstange der Dampfmaschine mit dem Kolben der Pumpe, ohne jedes weitere Hilfsmittel, oder man schaltet zwischen beide noch ein die Gleichmäßigkeit der Bewegung regelndes Schwungrad ein. Die letztere Bauart zeigt gewöhnlich einen etwas ruhigeren Gang.

Die Kolbenspeisepumpen sind nun ebenfalls ziemlich einfache Vorrichtungen, deren Bedienung und Instandhaltung an den Heizer nur geringe Anforderungen stellen. Doch kann auch leicht ein Unbrauchbarwerden derselben eintreten.

Die Pumpen versagen, wenn der Kolben, die Ventile und die Saugrohre undicht werden, welche Uebelstände aber leicht zu heben sind.

Die Pumpe hört ferner auf zu wirken, wenn sich zwischen ein Ventil und dessen Sitz ein durch das Saugrohr eingedrungener Gegenstand geklemmt hat; sie kann aber auch dann rasch wieder gangfähig gemacht werden, denn der störende Gegenstand ist nach Oeffnung des Ventilgehäuses leicht zu entfernen.

Endlich kommt die Pumpe außer Wirksamkeit, wenn eines der Ventile hängen bleibt, was eintritt, wenn das Ventil bei seinem Schluß schief fällt, und sich hierbei die Führungsflügel im Sitz spreizen; durch eine gehörige Höhe des Sitzes und Länge der Flügel ist auch diesem Uebelstand vorzubeugen.

Die Dampfstrahlpumpe oder der Injektor: Die saugende und fördernde Wirkung eines Dampfstrahles war schon von Stephenson mit Erfolg für den Dampfkesselbetrieb in der Blasrohr-einrichtung der Lokomotiven nutzbar gemacht worden. Die Verwendung dieses Hilfsmittels zum Ansaugen und Befördern des Wassers versuchte zuerst der Franzose Giffard (sprich Schiffar), nachdem allerdings der Marquis Mannonry d'Ecotot bereits darauf aufmerksam gemacht hatte, daß die Erreichung dieses Zieles möglich sei. Erst nach längeren Bemühungen, im Jahre 1858, gelang es Giffard, eine brauchbare Dampfstrahlpumpe zur Speisung der Dampfkessel herzustellen.

Die Bequemlichkeit, die Speisung des Kessels auch jederzeit während des Stillstandes der Maschine vornehmen zu können, war die Ursache, daß bei der Lokomotive die bis dahin gebräuchlichen Maschinenpumpen bald verschwanden und den Dampfstrahlpumpen Platz machten.

Man unterscheidet saugende und nichtsaugende Injektoren; die letzteren, welchen das Wasser zugeführt werden muß, sind Vereinfachungen der ersteren. Ein saugender Injektor arbeitet natürlich auch mit zufließendem Wasser.

In den Figuren 83 (äußere Ansicht) und 84 (Schnitt) ist ein saugender verbesserter Giffard'scher Injektor der Firma E. W. Julius Blanke & Co. in Merseburg dargestellt.

In einem Gehäuse befinden sich drei verschiedene zugespitzte Mundstücke, die man Düsen nennt. Die Düse *a* heißt die Dampf-  
düse, die Düse *b* die Mischdüse und die Düse *c* die Fang- oder Ueberdruckdüse. Der Dampfdüse, deren Mündung vermittelst der mit Gewinde versehenen und an ihrem Ende zugespitzten Spindel *f* beliebig verengt oder auch ganz geschlossen werden kann, wird durch das Rohr *d* frischer Kesseldampf zugeführt, dem Raum

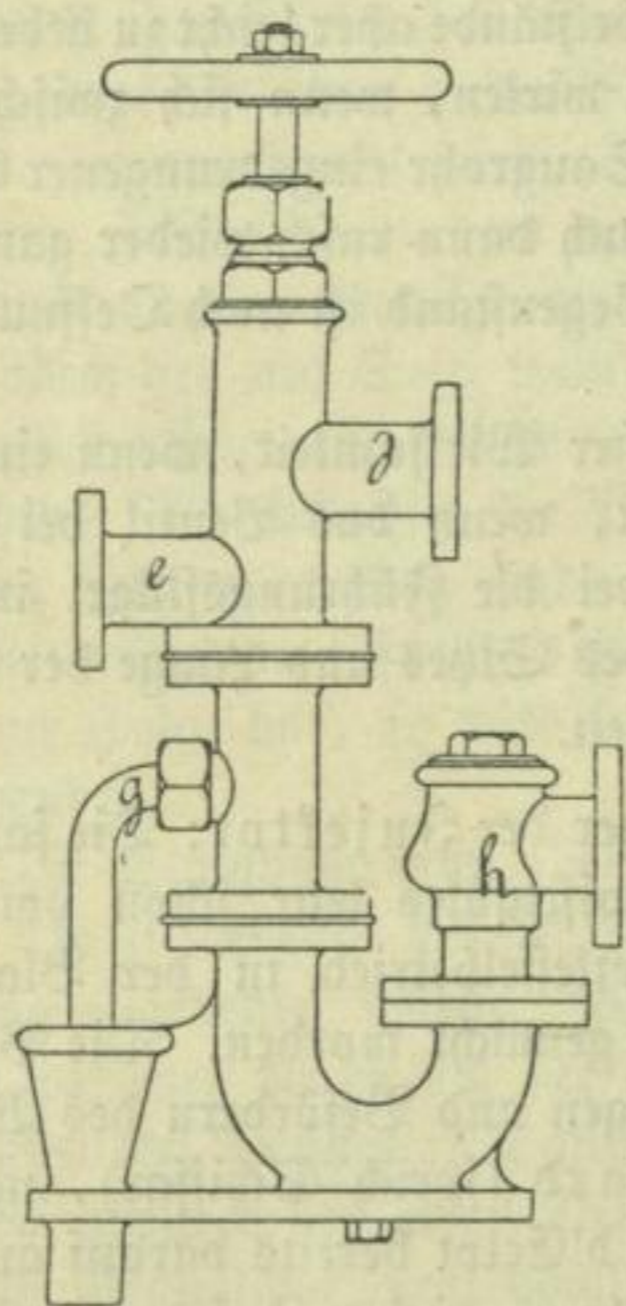


Fig. 83.

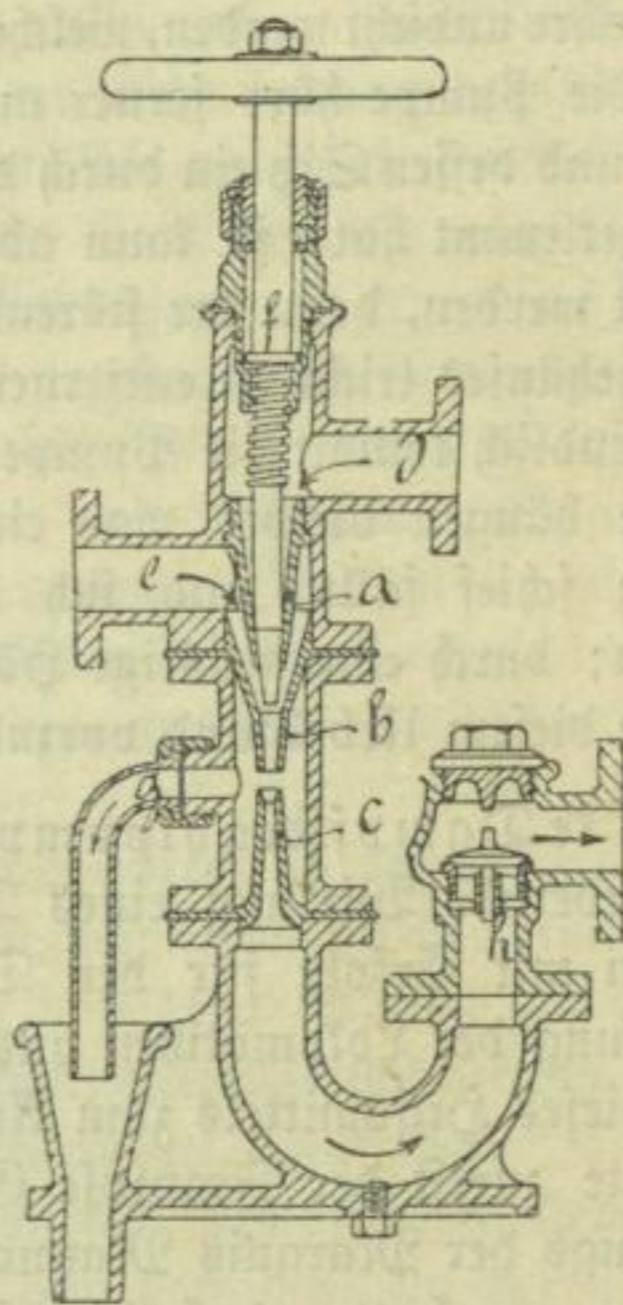


Fig. 84.

zwischen Dampf- und Mischdüse durch das Rohr *e* aber das in den Kessel zu befördernde Wasser.

Außer von dem Druck des verwendeten Dampfes und der Temperatur des zu verspeisenden Wassers hängen nun die Wirksamkeit des Injektors und die Liefermenge desselben im Wesentlichen von der Weite, der Form und der gegenseitigen Entfernung der Düsen ab.

Bei der Ingangsetzung und während des Betriebes geht im Injektor folgendes vor sich: Nachdem dem Dampf durch Öffnen des Dampfventiles der Zutritt zur Dampfdüse gewährt worden ist,

wird die letztere durch Zurückschrauben der Spindel langsam geöffnet. Der aus der Düse springende Dampfstrahl reißt zunächst an seinem Umfang die Luft mit sich fort. Der Druck in dem Raum zwischen Dampf- und Mischdüse sinkt infolge dessen, und es wird durch das Rohr *e* Wasser angesaugt. Das letztere tritt schließlich an den Dampfstrahl heran und wird nun ebenfalls von demselben mit fortgerissen. Dampf und Wasser vermischen sich, wobei der Dampf verdichtet wird, und derselbe zugleich seine Wärme an das Wasser abgibt. Der Mischdüse entströmt daher mit großer Geschwindigkeit ein Strahl heißen Wassers, der anfangs zersplittert und durch das Ueberlaufrohr *g* wieder entweicht, sehr bald aber in die Fangdüse eindringt, infolge der allmählichen Erweiterung derselben in dieser seine Geschwindigkeit in Druck umsetzt, den Druck des Kessels überwindend endlich das Ventil *h* aushebt und nunmehr in das Druckrohr beziehungsweise in den Kessel dringt. Der Ueberlauf vermindert sich; er kann schließlich durch eine Vermehrung des Dampfzuflusses ganz aufgehoben werden. Dem Kessel wird von jetzt ab ununterbrochen Wasser zugeführt. Soll die Speisung unterbrochen werden, so wird ganz einfach der Dampf abgesperrt.

Der Injektor versagt, wenn der Dampfstrahl nicht genügend verdichtet wird; dies tritt aber ein, wenn entweder der Dampf bei dem Ansaugen oder später während des Arbeitens in zu großen Mengen zugeführt wird, oder wenn das zu speisende Wasser zu heiß ist. Der Injektor geht dann nicht an, oder er schnappt plötzlich ab. Das Ingangsetzen des Injektors muß daher langsam erfolgen; auch darf der Dampfzufluß nie das erforderliche Maß überschreiten.

Der Injektor wird ferner unbrauchbar, wenn sich die Düsen mit Schmutz verstopfen, wenn die Spindel verbogen ist, und wenn die Düsen aus ihrer Lage gekommen sind; er muß dann einer zuverlässigen Fabrik zur Reinigung und Instandsetzung übergeben werden.

Der besprochene Injektor vermag das Wasser 2 m hoch anzusaugen; er nimmt dasselbe noch mit  $40^{\circ}$  C an und führt es dem Kessel mit  $80$  bis  $90^{\circ}$  C zu.

Wesentlich größere Saughöhe und höhere Temperatur des anzusaugenden Wassers verträgt der vorzügliche Patent-Universal-Injektor der Gebrüder Körting in Hannover, welcher allerdings auch etwas complicirter und theurer ist. Die Figuren 85 (äußere Ansicht) 86 und 87 (zwei rechtwinklig zu einander stehende Längsschnitte) stellen diesen Injektor in der neuesten Bauart dar.

Der Körting'sche Injektor bildet die Vereinigung zweier vereinfachter Injektoren, bei welchen die Fangdüsen in Wegfall gekommen sind;  $a_1$  und  $a_2$  sind die beiden Dampf Düsen,  $b_1$  und  $b_2$  die zu-

gehörigen Mischdüsen. Der erste Injektor hat die Aufgabe, das zu verspeisende Wasser anzusaugen; der zweite Injektor, welchem dasselbe unter einem gewissen Druck zufließt, vollbringt den zweiten Theil der Arbeit und schafft es in den Kessel.

Höchst geistreich ist nun die Art und Weise, in welcher bei dem Ingangsetzen ein zielbewußtes Zusammenwirken der beiden Injektoren erreicht wird, wozu übrigens vom Heizer nur die langsame Bewegung des auf den Hahn *c* gesteckten Hebels *d* erforderlich ist.

Wird der Hebel in der Richtung des Pfeiles bewegt, so schiebt sich die Stange *e*, deren unteres Ende mittelst eines Zapfens und

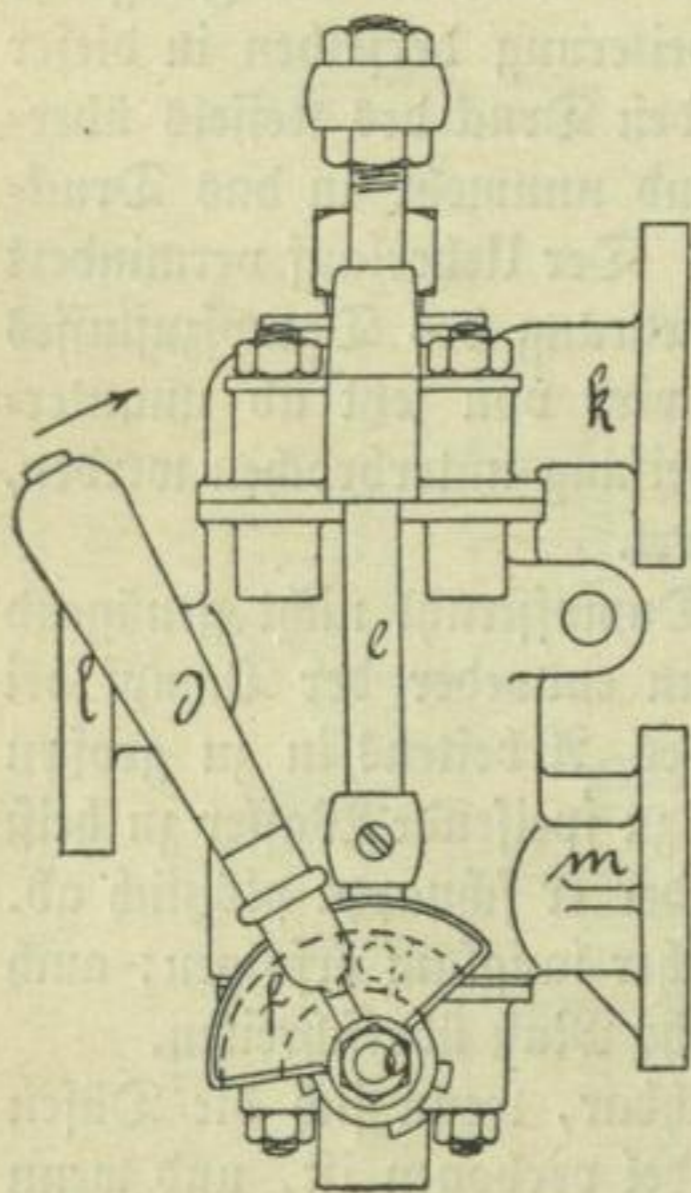


Fig. 85.

Klötzchens in einer spiralförmigen Nutte der mit dem Hebel verbundenen Scheibe *f* gleitet, nach oben. Mit der Stange *e* wird aber zugleich die mit ihr verbundene Stange *g* gehoben, welche mittelst einer Stopfbüchse in den oberen Theil des Injektorgehäuses geführt ist und dort zwei um einen Bolzen frei bewegliche Schwingen *h* trägt. Die Enden dieser Schwingen sind mit Schlitz versehen und erfassen zwei durch die beiden Dampfventile *i*<sub>1</sub> und *i*<sub>2</sub> gesteckte bewegliche Bolzen. Das eine der Ventile *i*<sub>2</sub> besitzt einen zugespitzten Ansatz, welcher nach Art der Giffard'schen Injektorspindel die Deffnung der Düse regulirt.

Die Ventile sind nun nicht gleich groß; sie werden infolgedessen durch den Druck des Dampfes, welcher dem Injektor durch das Rohr *k* zuströmt, ungleich belastet. Die Hebung der Stange *g* bewirkt daher, daß sich zunächst das kleinere, weniger belastete Ventil *i*<sub>1</sub> des ersten Injektors öffnet, und derselbe mit dem Ansaugen des durch das Rohr *l* eintretenden Wassers beginnt. Erst wenn sich dieses Ventil ganz geöffnet hat, und sein Stiel oben im Gehäuse zum Anstoß gekommen ist, hebt sich auch das Ventil des zweiten Injektors und tritt dieser in Wirksamkeit.

Im unteren Theil des Injektors haben sich aber gleichzeitig folgende Vorgänge abgespielt: Zu Beginn nahm der Hahn *c* eine solche Stellung ein, daß der erste Injektor nach dem an den Hahn sich anschließenden Ueberlauf hin offen stand. Das von diesem Injektor angesaugte, durch den Stutzen *l* eintretende Wasser konnte

daher zunächst durch den Hahn wieder ablaufen. Mit dem Ingangsetzen des zweiten Injektors schließt sich aber auch der nach dem Hahn *c* führende Kanal des ersten Injektors; das von dem letzteren gelieferte Wasser tritt daher nunmehr durch die im unteren Theile der Düse befindlichen Schlitzlöcher nach außen und dringt unter einem gewissen Druck zur Mischdüse des zweiten Injektors vor. Der inzwischen geöffnete, nach dem Ueberlauf führende Kanal dieses Injektors schließt sich jetzt ebenfalls allmählich mit dem Ingangkommen des letzteren ab; das Wasser dringt endlich durch die Schlitzlöcher der Düse nach außen und tritt, nachdem es das Druckventil des nach

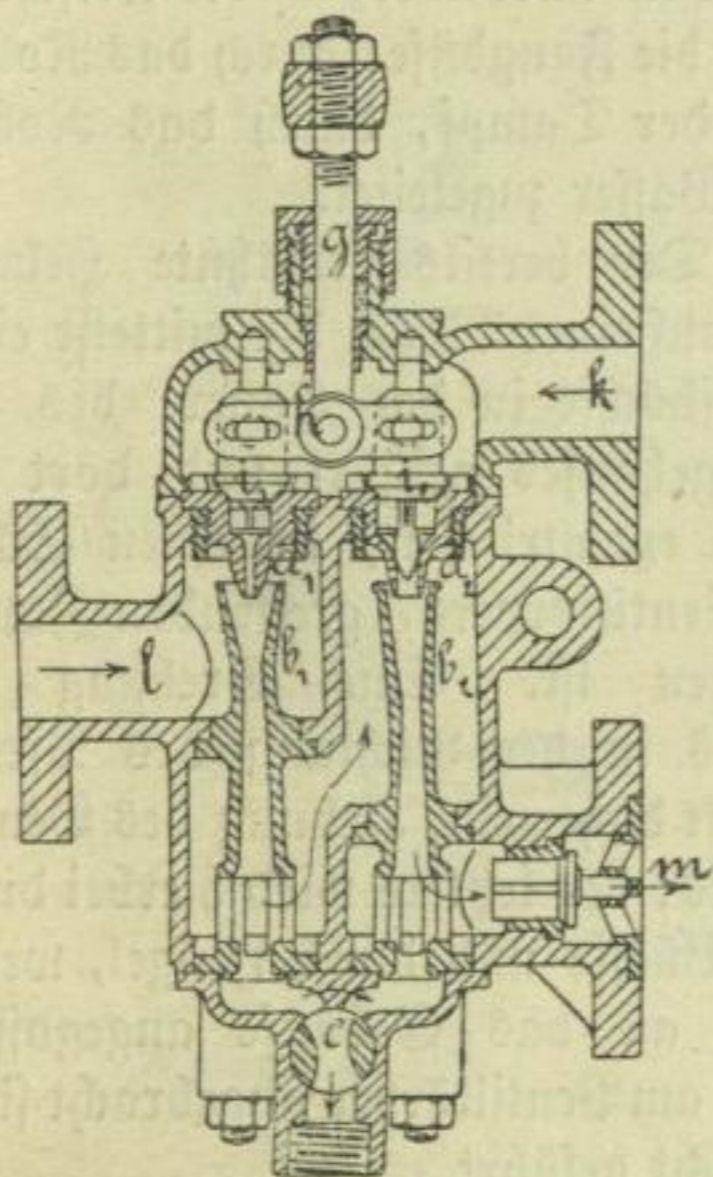


Fig. 86.

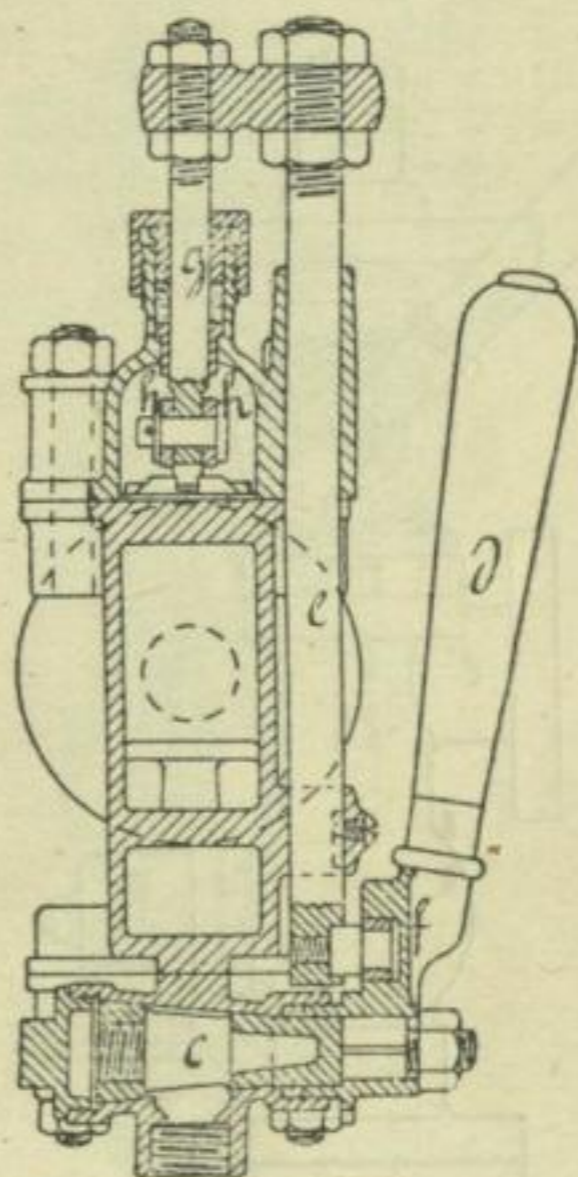


Fig. 87.

dem Kessel führenden Rohres *m* gehoben hat, in die Druckleitung und den Kessel ein.

Es sei nebenbei bemerkt, daß sich die vorstehend erläuterte Bauart des Injektors von der bisher üblichen dieser Firma nur durch eine andere, verbesserte Bewegungseinrichtung der Ventile unterscheidet.

Die Körting'schen Universal-Injektoren, welche sowohl stehend als auch liegend verwendet werden können, wirken äußerst zuverlässig; ein Versagen kommt bei langsamer Bewegung des Hebels kaum vor. Sie saugen kaltes Wasser bis  $6\frac{1}{2}$  m,  $60^{\circ}$  C warmes noch 2 m hoch an; fließt ihnen dasselbe zu, so vermögen sie es noch mit  $70^{\circ}$  C zu verarbeiten und führen es dann, weit über  $100^{\circ}$  C erhitzt, dem Kessel zu.

Ein Gegenstück zu dem Körting'schen Injektor bildet der ebenso vorzügliche sogenannte Restating-Injektor der Firma Schäffer & Budenberg in Budau-Magdeburg, der seinen englischen, mit „Wiederanspringen“ zu übersetzenden Namen einer Eigenthümlichkeit verdankt, die noch weiter unten zu erläutern sein wird.

Auch hier genügt die einfache Bewegung eines Hebels, um den Injektor in Gang zu setzen; doch ist der Injektor nicht ein doppelter wie der Körting'sche. Figur 88 (äußere Ansicht), 89 und 90 (zwei rechtwinklig zu einander gelegte Schnitte) stellen diesen Injektor dar.

*a* ist die Dampfdüse, die sich in ihrem oberen Theil zu einem Ventilsitz ausbildet, *b* die Mischdüse und *c* die Fangdüse; durch das Rohr *d* wird der Dampf, durch das Rohr *e* das Wasser zugeleitet.

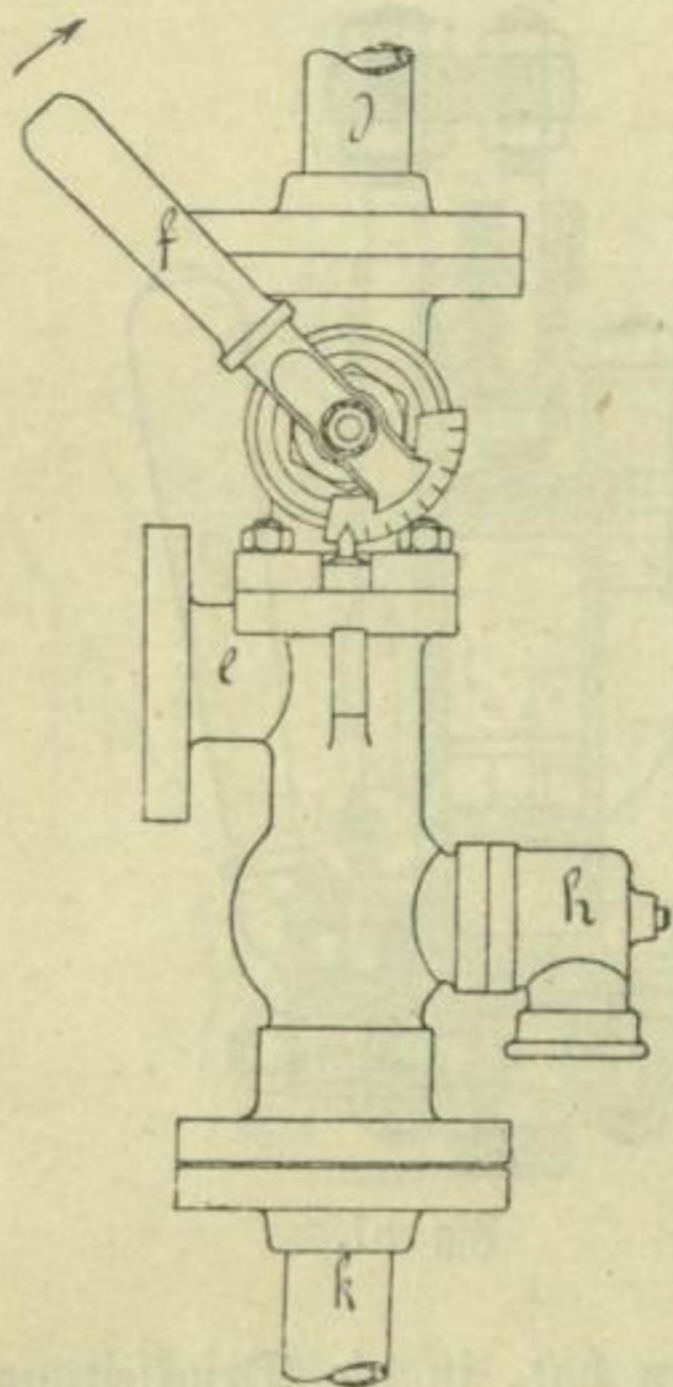


Fig. 88.

Der bereits erwähnte Hebel *f* steckt auf einer Welle, die mittelst einer Stopfbüchse in das Innere des Injektorgehäuses geführt und dort mit einem excentrischen, in einen Schlitz des Ventilkörpers *g* greifenden Zapfen versehen ist. Eine Drehung des Hebels in der Richtung des Pfeiles bewirkt daher eine Hebung des Ventilkörpers; der letztere wird hierbei durch eine Büchse und durch Flügel, welche theils an das Gehäuse angegossen, theils am Ventilkörper angebracht sind, senkrecht geführt.

Der Ventilkörper besitzt eine Verlängerung, deren Form der Giffard'schen Düfenspindel ähnelt. Wird daher das Ventil erst wenig geöffnet, so giebt auch die Dampfdüse nur einen dünnen Dampfstrahl, der das Ansaugen bewirkt. Luft und Wasser entweichen zunächst durch das mit einer Feder schwach belastete Ventil *h* des Ueberlaufes nach außen; bald wird aber der Strahl von der Fangdüse aufgenommen und das Druckventil *i* zurückgepreßt; das Wasser dringt durch das Rohr *k* in den Kessel, und der Injektor beginnt zu speisen. Das Ventil *h* schließt sich jetzt und wird hierdurch das Ansaugen von Luft durch den Wasserstrahl verhindert, welches ein ziemlich lästiges Geräusch verursacht.

Der Restating-Injektor besitzt nun weiter die Eigenthümlich-



keit, daß er, wenn etwa Luft in das Saugrohr dringt oder Stöße im Druckrohr eintreten und der Injektor infolgedessen abschnappt, von selbst wieder anspringt. Zu diesem Zweck ist die Mischdüse mit einer Klappe *l* versehen, die sich in diesem Falle öffnet und dem überschüssigen, durch *h* entweichenden Dampf freien Austritt verschafft; hierdurch vermindert sich aber der Druck in der Mischdüse, und der Injektor ist wieder zu saugen im Stande. Der sich von Neuem bildende Strahl saugt nun auch die Klappe wieder an und schließt die Düse.

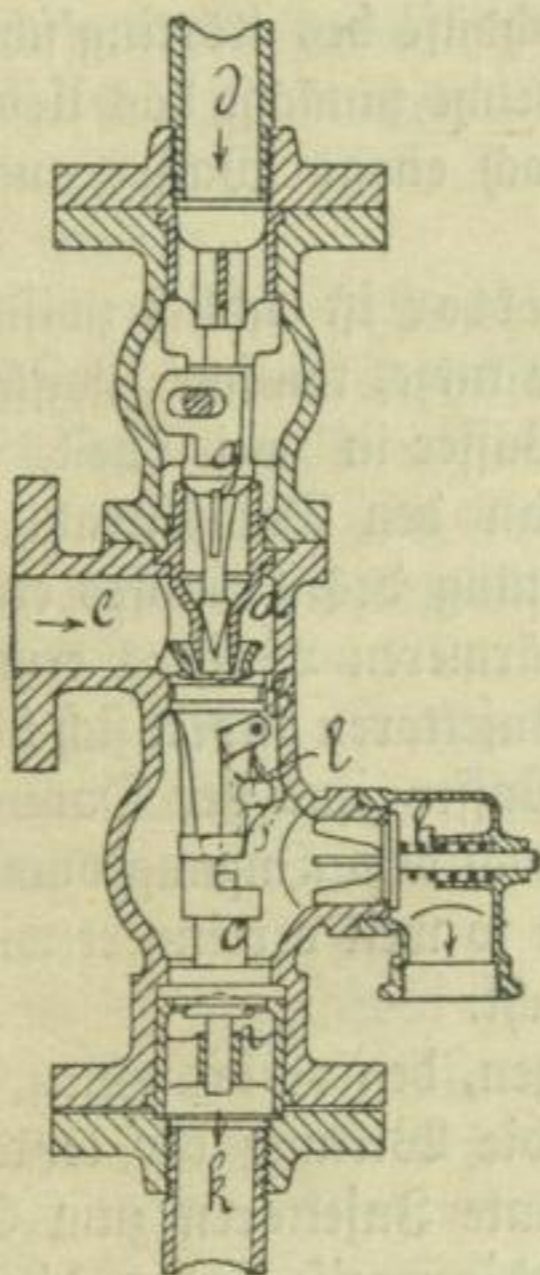


Fig. 89.

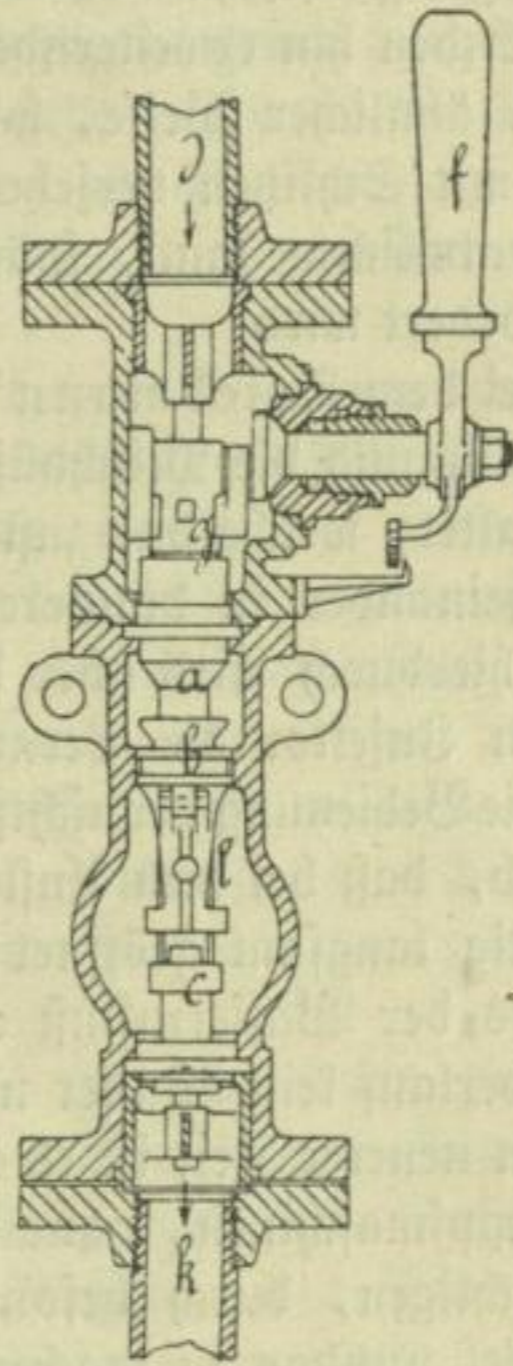


Fig. 90.

Auch dieser Injektor saugt kaltes Wasser bis auf  $6\frac{1}{2}$  m Höhe und verarbeitet zufließendes Wasser noch mit einer Temperatur von  $60^{\circ}$  C.

Die saugenden Injektoren bedürfen, falls nicht die gesammte Arbeit des Saugens und Drückens, wie bei den Körting'schen Injektoren, auf zwei sich in die Hände arbeitende Injektoren vertheilt ist, einer stellbaren Dampfdüse, da während des Ansaugens und Ingangsetzens diese Düse im Verhältniß zur Mischdüse viel enger sein muß, als später während des Speisens. Fließt dagegen dem Injektor das Wasser zu, und fällt die Arbeit des Ansaugens fort, so wird die Stellvorrichtung der Dampfdüse überflüssig; ein Injektor ohne

Stellvorrichtung vermag allerdings heißes Wasser nicht zu verarbeiten.

Nichtsaugende Injektoren mit festen Düsen werden gewöhnlich bei den Lokomotiven verwendet; es sind drei verschiedene Arten im Gebrauch.

Der Kraus'sche Injektor ist der älteste; er besitzt drei getrennte, feste Düsen.

Bei dem Schau'schen Injektor sind zwei der Düsen, die Misch- und die Fangdüse, zu einer vereinigt, welche die Form eines sich nach beiden Enden hin erweiternden Rohres hat. In der Mitte ist dieses Rohr in ähnlicher Weise, wie die Mischdüse des Körting'schen Injektors, mit Schlitz versehen, durch welche zunächst das Ueberlaufwasser entweichen kann, später aber noch etwas Wasser angesogen und gefördert wird.

Bei dem Friedmann'schen Injektor ist endlich zwischen die Dampfdüse und die Mischdüse noch eine kurze, konische Zwischendüse eingeschaltet, welche das zuströmende Wasser in zwei Theile spaltet, die nacheinander in dünnerer Schicht an den Dampfstrahl herantreten; hierdurch wird aber die Verdichtung des Dampfes erleichtert und dem Injektor die Verarbeitung wärmeren Wassers ermöglicht.

Die Bedienung der nichtsaugenden Injektoren ändert sich übrigens dahin ab, daß bei dem Anstellen der Wasser- und der Dampfzufluß gleichzeitig langsam geöffnet werden, nach dem Ingangkommen des Injektors der Wasserzufluß aber wieder so weit verringert wird, bis dem Ueberlauf kein Wasser mehr entweicht.

In neuerer Zeit ist es auch gelungen, den verbrauchten Dampf der Dampfmaschinen, ohne hierdurch die Wirkung der letzteren zu beeinträchtigen, durch besonders geformte Injektoren zum Speisen der Kessel nutzbar zu machen; merkwürdigerweise haben diese sparsamen Abdampf-Injektoren, welche von Schäffer & Budenberg und Gebrüder Körting geliefert werden, noch sehr wenig Beachtung gefunden.

Die Injektoren sind im Allgemeinen recht einfache und dabei bequeme Speisevorrichtungen; werden sie aus guten Fabriken bezogen, und sorgt man dafür, daß ihnen aller Schmutz fern bleibt, so lassen sie auch an Zuverlässigkeit nichts zu wünschen übrig. Da sie keine oder nur wenig bewegte Theile besitzen, so erweisen sie sich außerdem sehr dauerhaft.

Die selbstthätigen Speisevorrichtungen: Die große Gefahr, welche ein zu tief gesunkener Wasserstand für den Kessel herbeiführt, legt den Wunsch nahe, die Ueberwachung und Innehaltung der Wasserstandes nicht einzig und allein dem Heizer anzu-

vertrauen, der Irrthümern unterworfen ist und dessen Gewissenhaftigkeit oft zu wünschen übrig läßt; man erfand daher bald selbstthätige Speisevorrichtungen, welche in den verschiedensten Formen ausgeführt worden sind.

Ein Theil derselben benutzt den Rücklaufapparat in veränderter Form, dessen Ventile, insbesondere das Dampfzuströmungsventil, aber in selbstthätige verwandelt werden.

Ein anderer Theil verwendet eine Transmissions- oder Dampf-speisepumpe, die je nach dem Bedarf des Kessels durch einen Schwimmer oder auf andere Weise in oder außer Thätigkeit gesetzt wird. Anstatt der Pumpe könnte natürlich auch ein Injektor verwendet werden.

Eine dritte Gruppe endlich nimmt senkrechte, langsam sich umdrehende Hähne zu Hilfe, welche in zwei verschiedenen Formen ausgeführt werden.

Bei der einen Bauart werden in dem Hahne übereinander angeordnete Kammern abwechselnd mit einem Wasserbehälter, unter sich und mit dem Kesselinnern in Verbindung gesetzt. Der Hahn liegt in der Höhe des Wasserspiegels des Kessels; bei genügend hohem Wasserstand bleiben die unteren Kammern mit Kesselwasser gefüllt, und es kann daher auch aus den oberen Kammern kein frisches Wasser in dieselben hinein. Erst wenn der Wasserstand zu weit gesunken ist, werden die unteren Kammern leer, und können sich nunmehr auch die oberen Kammern in die unteren und von da in den Kessel entleeren.

Bei einer anderen Bauart ist der Hahn nur mit einer durchgehenden Kammer versehen. Der obere Theil dieser Kammer tritt dann abwechselnd mit einem Wasserbehälter und einem Rohr in Verbindung, welches letztere bis zum Wasserspiegel des Kessels hinabreicht; das untere Ende des Hahnes liegt wieder etwas unter dem Wasserspiegel und tritt dort zu gleicher Zeit, wie das obere Hahrende mit dem Rohr, mit dem Wasser des Kessels in Verbindung. Ist nun der Wasserspiegel so weit gesunken, daß das Ende jenes Rohres frei wird, so dringt oben Dampf in den Hahn, und der letztere kann sich in den Kessel entleeren.

Der größte Theil dieser Vorrichtungen hat sich nicht bewährt; sie kamen öfters in Unordnung und waren nicht zuverlässig.

Am brauchbarsten erwies sich die von dem Ingenieur Cohnfeld zu Dresden im Jahre 1876 erfundene selbstthätige Speisevorrichtung (Patent), welche bereits in mehr als 1500 Exemplaren mit bestem Erfolg in Betrieb gesetzt worden ist; Figur 91 (äußere Ansicht), 92 und 93 (zwei Schnitte nebst Grundriß) stellen dieselbe dar.

Die Cohnfeld'sche Vorrichtung gehört zu der oben zuerst ge-

nannten Gruppe und ist ihrem Wesen nach eine Rücklaufvorrichtung; sie muß daher auf den Kessel gestellt werden. Die Ventile der Vorrichtung sind selbstthätige; sie vermag zwar das Wasser bis auf 5 m anzufaugen, gewöhnlich wird ihr dasselbe aber aus einem höher gelegenen Behälter zugeführt.

Der Haupttheil der Vorrichtung ist ein aus zwei Theilen *a* und *b* bestehendes Gefäß aus Kupferblech, welches das dem Kessel zuzuführende Wasser zunächst aufnimmt; zwischen den beiden Theilen befindet sich eine die Wärme schlecht leitende Lage von Holz, welche eine unnöthige Abkühlung und Verdichtung des zum Betrieb erforderlichen Dampfes verhindern soll.

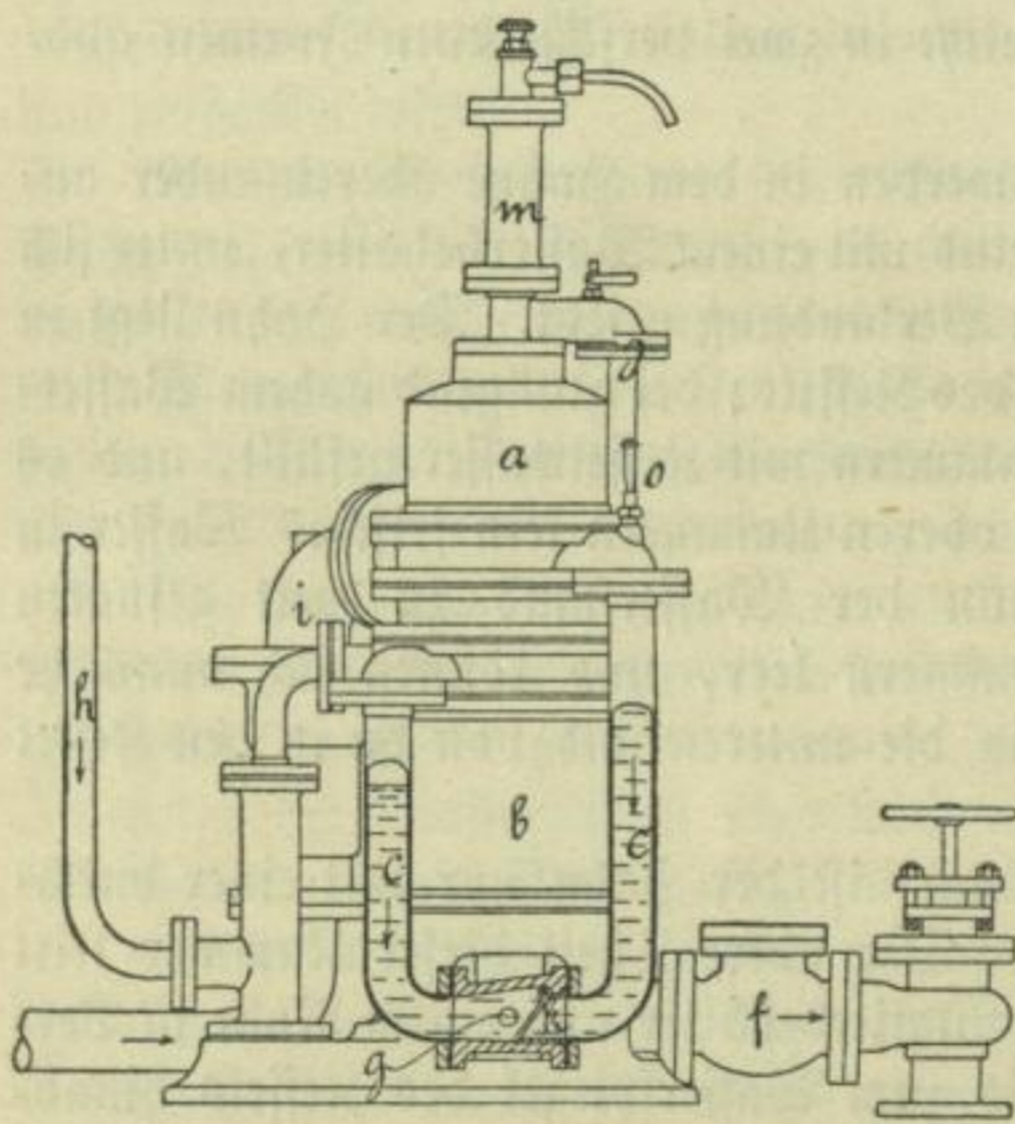


Fig. 91.

Die beiden Gefäßtheile sind nun durch zwei U-förmige Rohre *c* und *d* in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise verbunden; vom Boden des Gefäßtheiles *b* ist aber ein Rohr *e* abgezweigt, welches in den Kessel herabführt und, wie die zum Kessel führenden Druckrohre der Injektoren, mit einem Druckventil *f* versehen ist. Außerdem steht das Rohr *e* mit dem U-Rohr *c* durch das Zweigrohr *g* in Verbindung.

Ferner ist die Vorrichtung mit einem bis in das Wasser des Kessels hinabtauchenden Rohr *h* versehen, welches an seinem unteren Ende mit einer die Wallungen des Wassers mildernden, gußeisernen Schutzhülse umgeben ist und mit dem anderen Ende in das Gefäß *b* mündet. In diesem Rohr befindet sich in der Regel ein zweites engeres, bis zum tiefsten zulässigen Wasserstand hinabreichendes Rohr, welches an seinem oberen Ende mit einem der auf Seite 220 näher beschriebenen, hier aber nicht eingezeichneten Black'schen Speiserufer ausgerüstet wird.

So lange nun das Rohr *h* noch in das Wasser eintaucht, bleiben auch dieses Rohr und die Gefäße *a* und *b* mit Wasser gefüllt. So wie aber die untere Oeffnung des Rohres *h* bei tiefer gesunkenem Wasserspiegel aus dem letzteren taucht, fällt das in dem senkrechten

3

Theil dieses Rohres enthaltene Wasser herab; der Höhenunterschied des Wasserspiegels in dem oberen, nach dem Gefäß *b* führenden Theil des Rohres *h* mit dem Wasserspiegel des Kessels genügt, das Druckventil *f* zu heben; der untere Theil der Vorrichtung läßt daher das in ihr enthaltene Wasser nach dem Kessel herabfließen und ent-

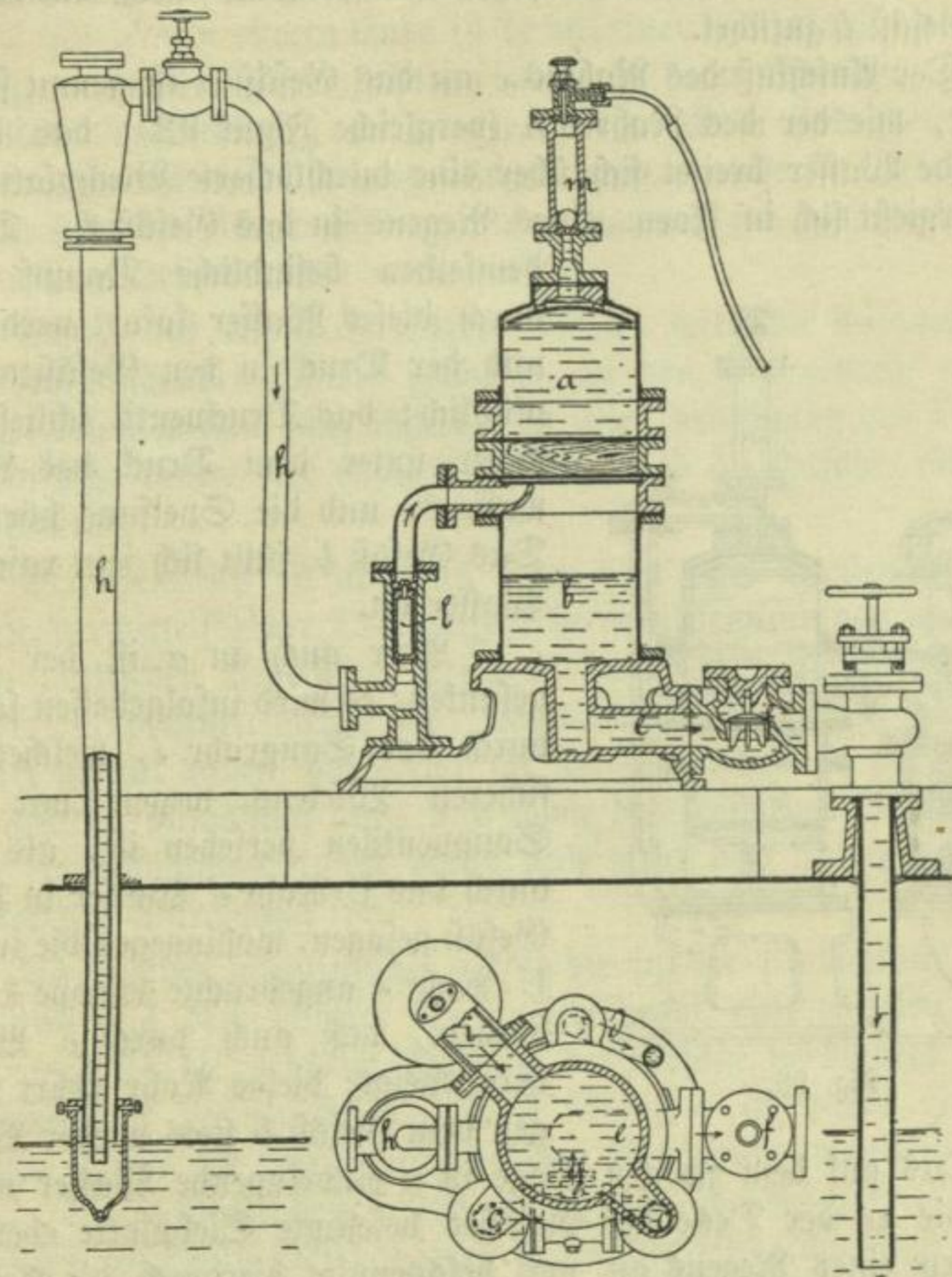


Fig. 92.

leert sich, indem zugleich durch das Rohr *h* Dampf in den oberen Theil des Gefäßes *b* eindringt.

In demselben Maße, wie in *b*, sinken nun auch die Wasserspiegel im linken Schenkel der U-Röhre *c* und *d*, was übrigens nur durch das Zweigrohr *g* ermöglicht wird, welches das aus den Röhren tretende Wasser dem Rohre *e* zuführt. Der rechte, nach dem Gefäßtheil *a* führende Schenkel der U-Röhre und demzufolge

auch der Gefäßtheil *a* können sich aber zunächst noch nicht entleeren, weil dies der auf den Wasserspiegeln der anderen Rohrschenkel lastende Dampfdruck verhindert. Erst wenn der gemeinschaftliche Wasserspiegel bis zum tiefsten Punkt des U-Rohres *d* gesunken ist, steigt der Dampf durch dieses Rohr in den oberen Theil des Gefäßes *a*, welches nunmehr seinen Wasserinhalt durch das Rohr *c* dem Gefäß *b* zuführt.

Der Anschluß des Rohres *c* an das Gefäß *b* ist genau so hergestellt, wie der des Rohres *h* (vergleiche Figur 92); das herabfließende Wasser breitet sich über eine durchlöchernte Blechplatte aus und ergießt sich in Form eines Regens in das Gefäß *b*. Der in

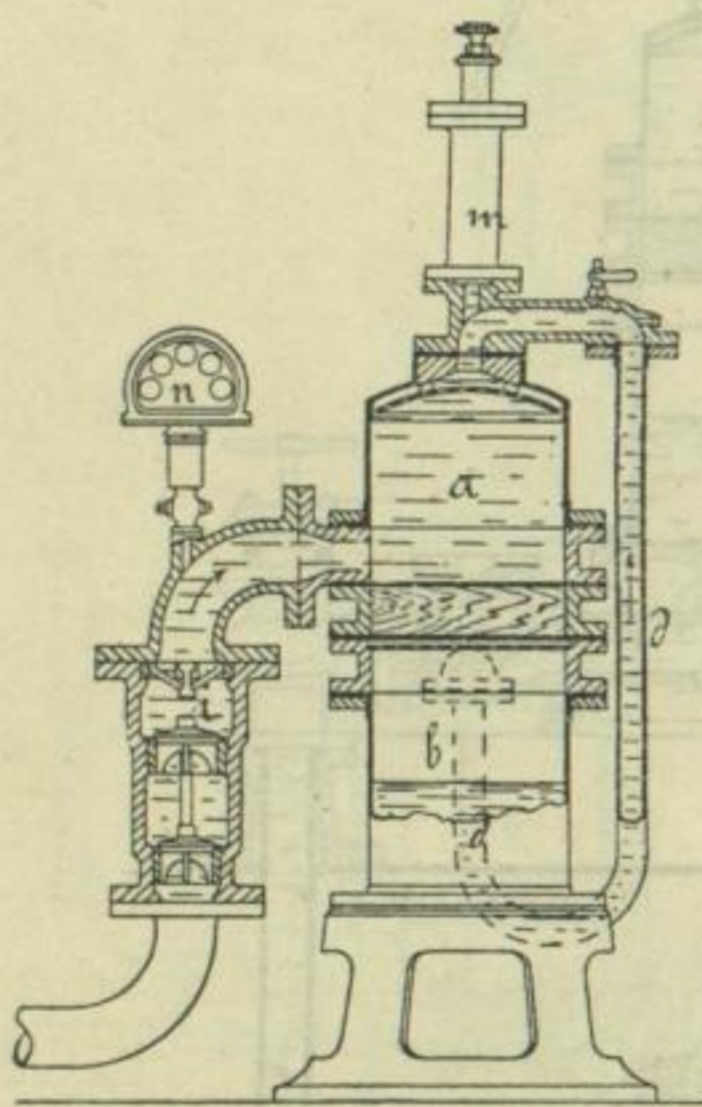


Fig. 93.

demselben befindliche Dampf wird durch dieses Wasser sofort verdichtet, und der Druck in den Gefäßen sinkt plötzlich; das Druckventil schließt sich daher unter dem Druck des Kesselwassers, und die Speisung hört auf. Das Gefäß *b* füllt sich jetzt rasch mit Wasser an.

Aber auch in *a* ist der Druck gesunken; es wird infolgedessen sowohl durch das Saugrohr *i*, welches des sicheren Wirkens wegen mit zwei Saugventilen versehen ist, als auch durch das U-Rohr *d* Wasser in dieses Gefäß gesogen, wohingegen die in dem U-Rohr *c* angebrachte Klappe *k* verhindert, daß auch durch *c* Wasser heraufsteigt; dieses Rohr führt dagegen dem Gefäß *b* stets wieder Wasser

zu. Das auf dem zweiten Wege in *a* eindringende Wasser nimmt durch die an der Decke des Gefäßes befestigte Siebplatte ebenfalls die Form eines Regens an und beschleunigt hierdurch die Verdichtung des Dampfes. Sehr bald ist daher die ganze Vorrichtung wieder vollständig mit Wasser angefüllt.

Alle diese Vorgänge vollziehen sich aber nun so rasch, daß der durch das Rohr *h* nachströmende Dampf, dem der Zutritt durch eine Verengung dieses Rohres absichtlich erschwert wird, die starke Abnahme des Druckes und die Füllung der Gefäße nicht zu verhindern vermochte und erst, nachdem dies bereits geschehen ist, den Druck in den Gefäßen mit dem des Kessels wieder ausgleicht, worauf die Speisung von Neuem beginnt und sich so lange fortsetzt, bis das Rohr *h* ins Wasser taucht, und dem Dampf der Zutritt abgeschnitten wird.

Cohnfeld benutzt nun zur Verengung des Rohres *h* einen besonderen Körper, den er Beschleunigungskolonne nennt, und der gleichzeitig dazu dient, die Wiederfüllung und das Spiel der Vorrichtung zu beschleunigen.

Die Beschleunigungskolonne *l* ist ein hohler, cylindrischer Körper aus Metall, der sich in einem ausgebohrten Theil des Rohres *h* befindet. An seinem oberen Ende ist er mit einer Stahlscheibe versehen, die sich, wenn der Körper gehoben wird, an einen Ventilsitz legt und das Rohr *h* abschließt; an seinem unteren Ende sind Füße angebracht und an seinem Umfang Längsrippen, welche dem Dampf gestatten, über den Körper hinwegzufließen, wenn sich derselbe in seiner tiefsten Lage befindet und unten aufliegt.

Sowie der Druck im Gefäß *b* sinkt, wird die Kolonne durch den nachdrängenden Dampf gehoben, an den Sitz gepreßt und der Dampfzufluß mithin ganz abgesperrt. Die Verdichtung des Dampfes geht infolge dessen viel rascher vor sich, und die Gefäße füllen sich viel schneller.

Der Ventilsitz ist aber an einer oder zwei Stellen mit einer kleinen, vermittelst einer Dreikantseile hergestellten und von innen nach außen laufenden Anfeilung versehen; durch diese absichtlich herbeigeführte Undichtheit gleicht sich, nachdem sich die Gefäße wieder mit Wasser gefüllt haben, der Druck im Kessel mit dem in den Gefäßen herrschenden allmählich aus, und sowie dies geschehen ist, fällt auch die Beschleunigungskolonne herab und giebt dem Dampf oder dem Wasser den Durchgang frei.

Es ist noch hinzuzufügen, daß die in der Vorrichtung befindliche und aus dem Wasser sich ausscheidende Luft entfernt werden muß, weil sie die gehörige Füllung der Gefäße verhindert und die Saugwirkung beeinträchtigt. Das Gefäß *a* ist daher an seinem höchsten Punkt mit einem selbstthätigen Entlüstungsventil *m* ausgerüstet. Dieses Ventil besteht aus einem Rohr, welches oben und unten mit einem Ventilsitz versehen, und in welches eine Kugel von Gummi eingeschlossen ist. Die Luft kann durch ein oben seitlich sich abzweigendes Röhrchen entweichen. Die Schraubenspindel dient dazu, die etwa am oberen Ventilsitz einmal festhaftende und der Luft den Austritt verwehrende Ventilkugel durch Niederschrauben abzudrücken.

Die auf dem Wasserspiegel schwimmende Kugel schließt nun, wenn alle Luft entwichen ist, das Ventil ab, indem sie sich gegen dessen oberen Sitz legt, und verhindert, daß der Vorrichtung, wenn sie unter Druck steht, Wasser oder Dampf entweicht. Umgekehrt kann aber auch keine Luft in das Gefäß *a* eindringen, da dies die auf den

unteren Sitz sich legende Ventilkugel verhindern würde. Um indessen der Luft den Zutritt beim Ansaugen ganz sicher abzuschneiden, ist das Röhrchen mit einem Gummischlauch versehen, der nach einem Wasserbehälter führt und dort unter der Wasseroberfläche mündet.

Auch das U-Rohr *d* ist an seinem höchsten Punkt mit einem Hähnchen zum Auslassen der Luft ausgerüstet. Eine kleine, mit einem Schmelzpfropfen versehene Signalpfeife *o* (vergleiche Seite 219) ertönt, wenn die Vorrichtung längere Zeit versagt und sich mit Dampf angefüllt hat. Die bereits oben erwähnte Blad'sche Pfeife meldet dagegen, wenn der Wasserstand auf den zulässig tiefsten gesunken ist. Der Vorrichtung wird endlich oft ein Zählwerk *n* beigegeben, welches die Spiele zählt und hiernach die in den Kessel geförderte Wassermenge mißt.

Die Inangabezung der Cohnfeld'schen Speisevorrichtung ist sehr einfach; man füllt dieselbe durch das Entlüftungsventil, oder, wenn ihr das Wasser aus einem höher gelegenen Behälter zufließt, mittelst des Saugrohres mit Wasser an; dieselbe kann in Wirksamkeit treten. Wird das im Rohr *h* befindliche Ventil geöffnet, so beginnt die Vorrichtung zu speisen. Soll sie außer Betrieb gesetzt werden, so braucht dieses Ventil nur geschlossen zu werden.

Die Cohnfeld'sche Speisevorrichtung hat den Vorzug, daß sie keine bewegten Theile besitzt, weshalb sie auch selten versagt. Der Preis derselben ist allerdings beträchtlich, und hat dies wohl ihre allgemeinere Anwendung verhindert.

Alle selbstthätigen Speisevorrichtungen regeln die Speisung des Kessels genau nach dem Dampfverbrauch, weshalb der Druck im Allgemeinen weniger Schwankungen unterworfen ist, als wenn die Speisung in Pausen erfolgt; es wird daher dem Heizer möglich, gleichmäßiger zu heizen. Der letztere Umstand hat aber gewöhnlich eine bessere Verbrennung und Ausnutzung des Brennmaterials zur Folge.

Für Kessel mit großem Wasserinhalt sowie solche mit mäßigem Wasserinhalt und regelmäßigem Dampfverbrauch sind daher selbstthätige Speisevorrichtungen sehr zu empfehlen. Für Kessel mit mäßigem Wasserinhalt und unregelmäßigem Dampfverbrauch oder kleinem Wasserinhalt ist allerdings den gewöhnlichen Speisevorrichtungen der Vorzug zu geben, weil diese gestatten, vor Zeiten mit starkem Dampfverbrauch den Wasserstand zu erhöhen und im Kessel einen Vorrath erhitzten Wassers aufzuspeichern, welcher der Erhaltung des Dampfdruckes förderlich ist.

Daß die selbstthätigen Speisevorrichtungen dem Heizer nicht ersparen, das Wasserstandsglas gut im Stande zu halten und regelmäßig zu beobachten, bedarf keines Hinweises. Den Befürchtungen,



daß dieselben den Heizer in dieser Beziehung nachlässig machen und hierdurch zu Unglücksfällen Anlaß geben können, muß entgegengestellt werden, daß dafür auch weit seltener einmal Wassermangel eintritt, da die Speisung nicht ausschließlich in die Hände des Heizers gelegt ist.

Ein Vergleich der vier Arten von Speisevorrichtungen lehrt, daß die Rücklaufvorrichtungen zwar einfach aber verhältnißmäßig theuer sind und sich nur für Anlagen empfehlen, in welchen der Dampf dem Kessel in Gestalt von heißem Wasser wieder zufließt. Die Speisepumpen und Injektoren sind überall gut anzuwenden. Doch zeigen sich die Pumpen den Injektoren überlegen, falls erstere mit einer Einrichtung versehen werden, welche das Speisewasser vor seinem Eintritt in den Kessel durch den abziehenden Dampf der Maschine oder die Wärme der nach dem Schornstein ziehenden Feuer- gasen stark erwärmt (vergleiche Seite 225); auch bieten die Pumpen den Vortheil, heißeres Speisewasser verarbeiten zu können. Für Kessel mit reichlichem Wasserinhalt und nicht zu unregelmäßigem Dampfverbrauch eignen sich selbstthätige Speisevorrichtungen gut.

Das Speiseventil: Damit die Speisevorrichtungen nicht beständig dem im Kessel herrschenden Druck ausgesetzt sind, und auch ein etwaiges Schadhafwerden des Druckrohres nicht ein Entleeren des Kessels zur Folge hat, muß in dieses Rohr möglichst dicht am Kessel ein besonderes Ventil eingeschaltet werden, welches zwar dem Wasser den Eintritt in den Kessel gestattet, den Wiederaustritt aber verwehrt.

Der § 3 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen schreibt für jeden Kessel ein solches Ventil, welches man Speiseventil nennt, ausdrücklich vor. Ein Speiseventil der gebräuchlichsten Bauart (von Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover) ist im linken Theil der Figur 94 (nächste Seite) dargestellt.

Das Ventil besteht aus einem gußeisernen Gehäuse *a*, in welches ein Ventilsitz aus Rothguß mit einem eben solchen Ventilteller *b* eingesetzt ist; der letztere kann sich frei bewegen. Das Wasser muß natürlich das Ventil in der Richtung des eingezeichneten Pfeiles durchfließen. Damit ein Festklemmen des Ventiltellers infolge Schiefstellens unmöglich wird, ist es nothwendig, den Ventilteller gut senkrecht zu führen, was durch eine gehörige Länge des Sitzes und der Flügel, sowie durch einen langen, im Deckel des Gehäuses geführten Stiel des Tellers erzielt wird.

Von Wichtigkeit ist nun auch die Wahl des Ortes, an welchem man das Speiserohr in den Kessel münden läßt.

In der Regel wird das Speisewasser dem Kessel derart zugeführt, daß erhitze Kesselwandungen durch kalte Wasserströme nicht getroffen werden, weil hierdurch der Kessel leicht eine Beschädigung erleidet. Doch darf ein anderer Umstand nicht unbeachtet bleiben. Das Wasser enthält stets Luft und Kohlensäure in nicht unbeträchtlichen Mengen, welche sich bei dem Erwärmen ausscheiden. Füllt man ein Glas mit kaltem Wasser an und läßt man dasselbe eine Zeit lang in der Sonne stehen, damit es sich erwärmt, so bedecken sich die Wände des Glases bald mit einer großen Menge von Bläschen. Das Eisen wird von solchen Luft- und Kohlensäurebläschen angegriffen und zerstört; es muß daher vermieden werden, daß sich in einem Dampfkessel ein solcher Beschlag bildet.

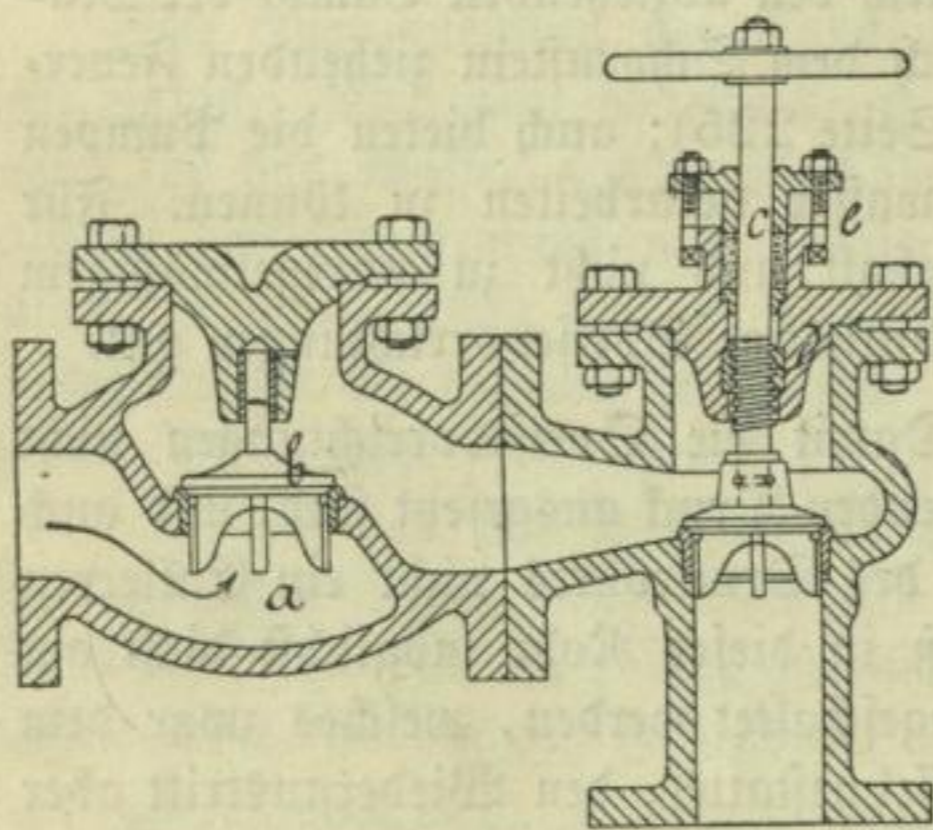


Fig. 94.

Bei Cylinderkesseln bringt man demzufolge das Speiseventil immer oben auf dem hinteren Theile des Kessels an, und führt das Wasser durch ein Rohr in den Kessel herab; doch muß dieses Rohr schon in mindestens 300 mm Abstand vom Boden enden, damit das zugeführte kalte Wasser nicht unmittelbar auf die über dem ersten Feuerzeug liegenden erhitzen Blechplatten stößt.

Bei den Siederohrkesseln darf das kalte Wasser nicht in das Siederohr gespeist werden, aus welchem die Luftbläschen sich nur schwer entfernen können; dasselbe ist vielmehr dem Oberkessel, wie bei dem Cylinderkessel, zuzuführen (vergleiche Figur 80).

Bei Flammenrohrkesseln mit Innenfeuerung und freiliegendem vorderen Kesselboden befestigt man entweder das Speiseventil unten an diesem Boden oder dicht neben demselben auf dem Mantel des Kessels, ohne sich eines Ansatzrohres zu bedienen. Doch zieht man auch neuerdings vor, das Speisewasser vom Kesselboden aus unter Zuhilfenahme eines kurzen Ansatzrohres in geringer Tiefe unter dem Wasserspiegel in das Kesselwasser treten zu lassen; es bietet dies den Vortheil, daß die im Wasser enthaltene Luft und Kohlensäure rascher entweichen und sich nicht auf den Flammenrohren und dem Kesselmantel ansetzen; der Kessel nimmt dann auch in allen seinen Theilen eine gleichmäßigere Temperatur an, was seiner Haltbarkeit und Dichttheit zu Gute kommt.

Die meistens mit Unterfeuerungen versehenen Heizröhrenkessel werden wie die Cylinderkessel behandelt.

Bei den stehenden, nicht eingemauerten Kesseln bringt man das Speiseventil unten am Kesselmantel an.

Bei den Lokomotiv- und Lokomobilkesseln befindet sich dasselbe meistens an dem der Feuerbüchse entgegengesetzten Ende des Kesselmantels, bei Schiffskesseln aber wieder der größeren Bequemlichkeit der Handhabung wegen am vorderen Kesselboden.

Sowohl die Rohrleitungen, welche das Wasser der Speisevorrichtung, als die Leitungen, welche dasselbe dem Kessel zuführen, die Saug- und Druckrohre, müssen endlich die erforderliche Weite besitzen und sollen möglichst kurz und ohne scharfe Ecken sein, damit sich das Wasser in den letzteren nicht stößt. Es ist dies in besonderem Maße nothwendig, wenn Injektoren verwendet werden, da dieselben bei Mängeln der genannten Art leicht versagen. Die Rohre werden gewöhnlich aus Kupfer, zuweilen auch aus Schmiedeeisen, seltener aus Gußeisen hergestellt.

## B. Sonstige Vorrichtungen.

Die noch zu besprechenden, im Kesselbetrieb Anwendung findenden Vorrichtungen sollen entweder die gesetzlichen ergänzen und die Sicherheit des Betriebes erhöhen; oder sie sind für den Betrieb geradezu unentbehrlich, mindestens aber von großem Nutzen, indem sie die Sparsamkeit des Betriebes fördern und zur Erhaltung des Kessels beitragen.

### 1. Sicherheitsvorrichtungen.

Den Wasserstandszeigern werden oft Vorrichtungen zur Seite gestellt, die den Zweck haben, auf einen zu tief gesunkenen Wasserstand durch hörbare Zeichen aufmerksam zu machen.

Die eine Gruppe dieser Vorrichtungen ist mit Pfeifen ausgerüstet und wird mit dem Namen Speiserufer bezeichnet.

Die Thätigkeit der Pfeifen wird entweder dadurch eingeleitet, daß ein Schwimmer auf ähnliche Weise, wie bei dem Amphlett'schen Schwimmerzeiger, bei zu tiefem Wasserstand des Kessels ein Dampfventilchen öffnet, welches der Pfeife Dampf zuführt und dieselbe zum Ertönen bringt; oder dadurch, daß ein leicht schmelzbarer Metallpfropfen, welcher zwischen Kessel und Pfeife eingeschaltet wird, bei zu tief gesunkenem Wasserstand durch die Wärme des Dampfes zum Schmelzen kommt, worauf der Dampf zur Pfeife gelangt und letztere in Thätigkeit tritt.

Ueber Speiserufer der zuerst genannten Art ist nichts mehr hinzuzufügen; bei solchen der zweiten Art, welche nach ihrem Erfinder Blac als Blac'sche Speiserufer bekannt sind, tritt als ein wichtiger Theil ein senkrecht, unten offenes und bis zur Höhe des tiefsten zulässigen Wasserstandes in den Kessel hinabreichendes Rohr hinzu (vergleiche die Figuren 95 und 96).

Am oberen, außerhalb des Kessels gelegenen Ende des Rohres *a* ist ein Dreiweghahn *b* angebracht, der für gewöhnlich offen steht und

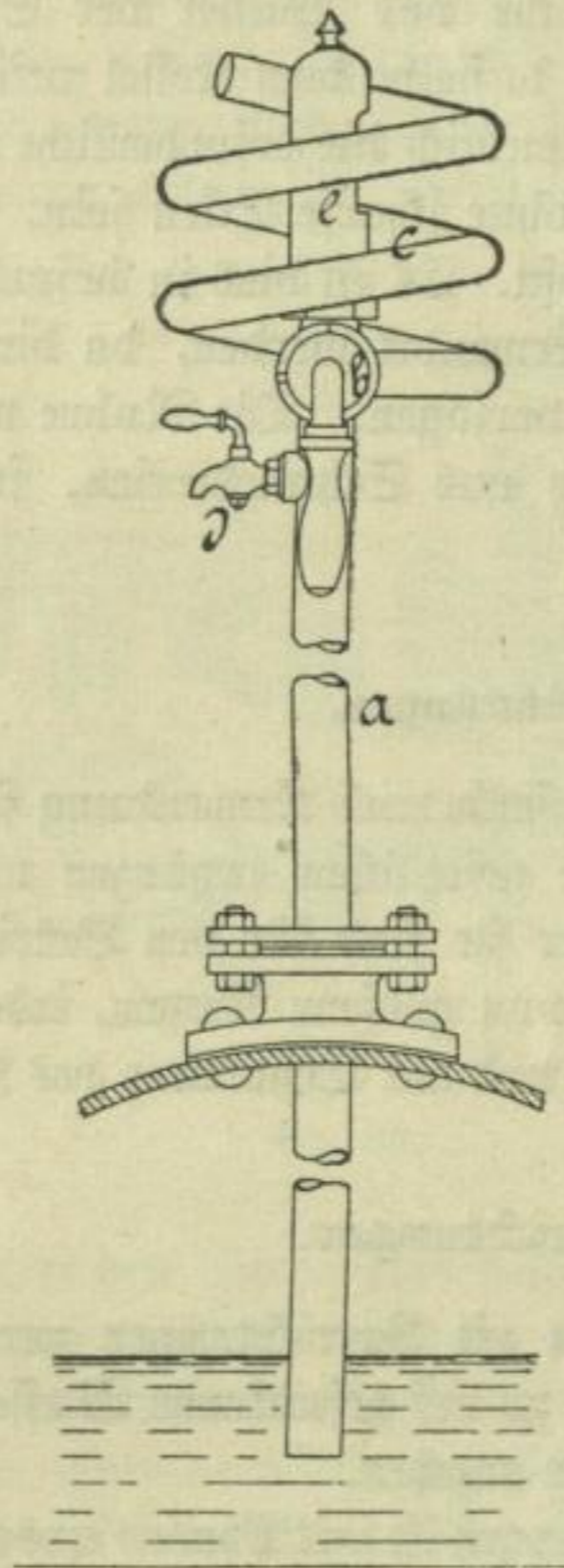


Fig. 95.

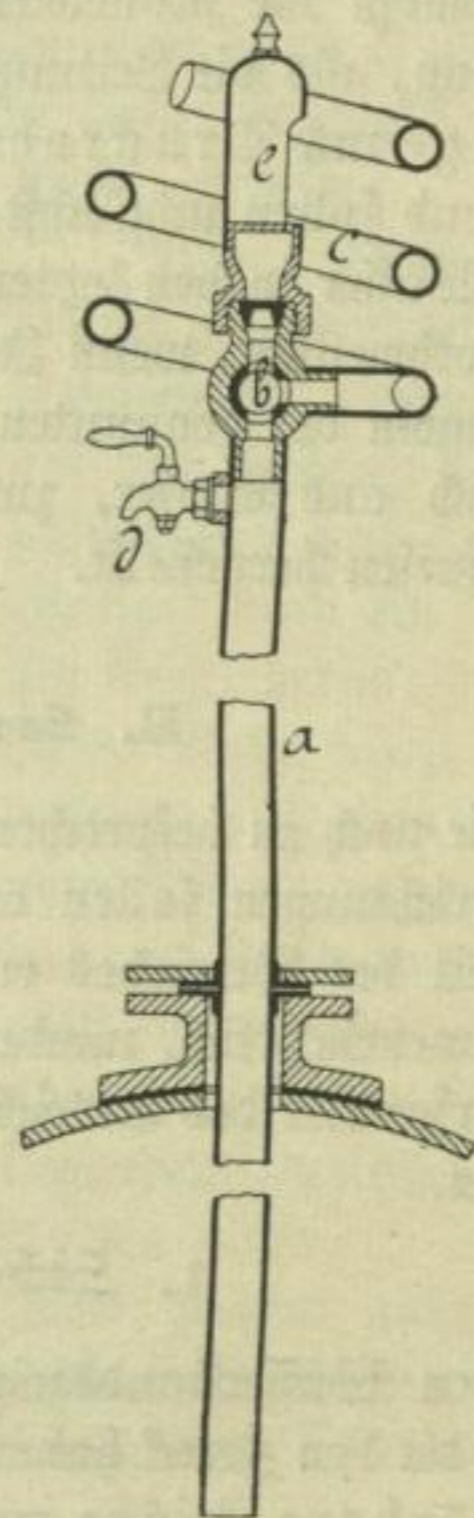


Fig. 96.

vom Heizer nicht geschlossen werden kann, da der Handgriff unter Verschluss gelegt ist; den hierzu gehörigen Schlüssel nimmt der Werkmeister oder Fabrikherr zu sich. Von diesem Hahn zweigt sich seitlich ein senkrecht, an seinem oberen Ende geschlossenes Schneckenrohr *e* ab, dessen Zweck sich weiterhin noch ergeben wird. Unterhalb des Dreiweghahnes ist ein kleines Entlüftungshähnelchen *d* angebracht; oberhalb desselben wird die Signalfseife *e* aufgeschraubt. Den Zugang zu der letzteren versperrt ein Metallpfropfen,

welcher aus einer Legirung hergestellt ist, deren Schmelzpunkt nur um ein Geringes über  $100^{\circ}$  C. liegt.

Wird nun der Kessel zum ersten Mal oder nach seiner Reinigung wieder angeheizt, so muß zunächst, sobald etwas Druck entstanden ist, das Entlüftungshähnen geöffnet werden, damit aus dem Rohr die Luft entweicht und an deren Stelle Wasser tritt. Ist dies geschehen, so wird das Hähnen wieder geschlossen. Mit dem steigenden Druck wird die Luft in dem obenerwähnten Schneckenrohr zusammengedrückt, und füllt sich auch das letztere zum Theil mit Wasser an; infolge der großen Oberfläche dieses Rohres kühlt sich aber das letztere gut ab, und bleibt daher der obere Theil der ganzen Vorrichtung ziemlich kühl, so daß niemals ein vorzeitiges Schmelzen des Pfropfens eintritt.

Ist der Wasserstand des Kessels so tief gesunken, daß die untere Oeffnung des senkrechten Rohres aus dem Wasser taucht, so fällt das in dem Rohr befindliche Wasser herab; die Vorrichtung füllt sich mit heißem Dampf an, welcher den Pfropfen zum Schmelzen und die Pfeife zum Ertönen bringt. Die letztere ertönt so lange, bis der Verschluß des Hahnes gelöst und der Hahn geschlossen wird, worauf nach dem Abschrauben der Pfeife ein neuer Pfropfen eingesetzt und die Vorrichtung wieder in Dienstbereitschaft gesetzt werden kann.

Der Black'sche Speiserufer wirkt ziemlich zuverlässig, doch muß er von Zeit zu Zeit einmal probirt werden; bei Verstopfungen des Rohres und Versetzungen des Pfropfens mit Kesselstein und Schlamm versagt natürlich die Vorrichtung.

Der verbesserte Black'sche Speiserufer von Krupp in Essen besitzt die Einrichtung, daß das geschmolzene Metall des Pfropfens nicht in den Kessel herabfällt, sondern in einem Näpfchen aufgefangen wird. Die Ausführung desselben haben C. W. Julius Blande & Co. in Merseburg übernommen.

Als zweite Gruppe kommen die elektrischen Lärm-Vorrichtungen in Betracht. Auch hier finden entweder Schwimmer oder Schmelzpfropfen Verwendung.

Im ersteren Falle schließt der Schwimmer in seiner tiefsten Lage die Leitung eines elektrischen Stromes und setzt ein im Kesselhaus befindliches Läutewerk in Thätigkeit; wird ein zweites in denselben Stromkreis geschaltetes Läutewerk im Zimmer des Werkmeisters oder im Comptoir des Fabrikherrn aufgestellt, so meldet sich auch dort die Gefahr.

Weit öfter werden bei den Vorrichtungen dieser Art Schmelzpfropfen verwendet. Die beliebteste und beste ist die von R. Schwarzkopff in Berlin, welche nicht nur einen zu tiefen Wasser-

stand, sondern auch einen zu hohen Dampfdruck anzeigt (Figur 97 und 98).

Ein senkrecht, an seinem unteren Ende geschlossenes Rohr *a* reicht bis über den zulässig tiefsten Wasserstand in den Wasserraum des Kessels herab; ein weiteres, unten offenes Rohr, welches in der Höhe des zulässig tiefsten Wasserstandes abgeschnitten ist, umgiebt das erstere. Beide Rohre sind nach außen geführt und nahe dem

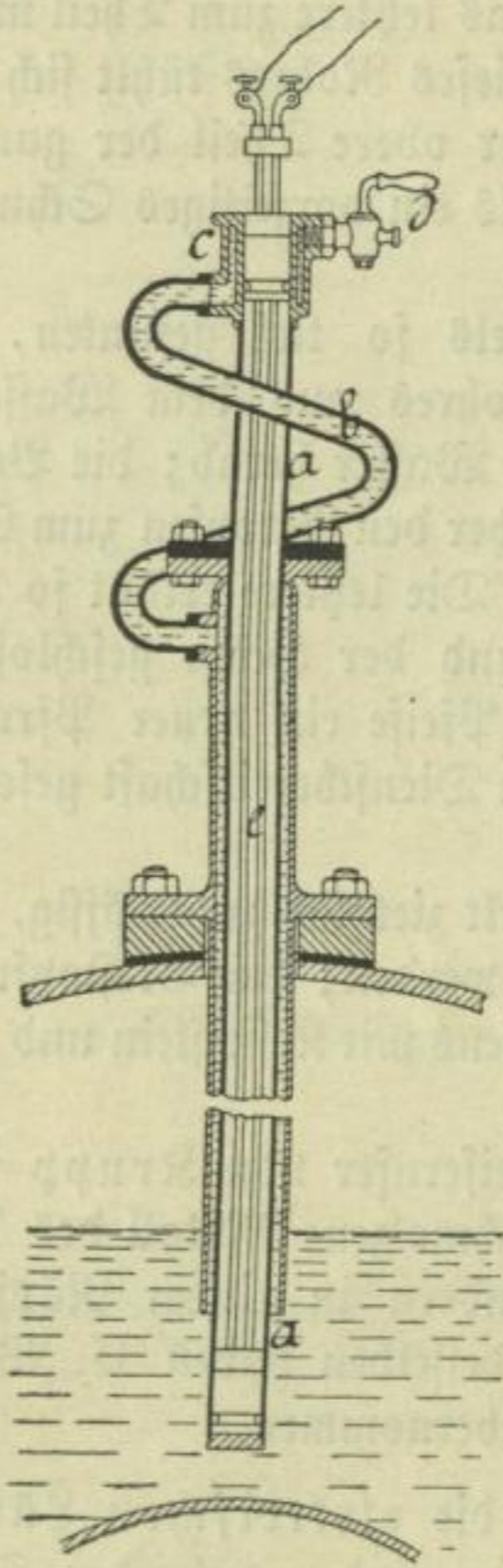


Fig. 97.

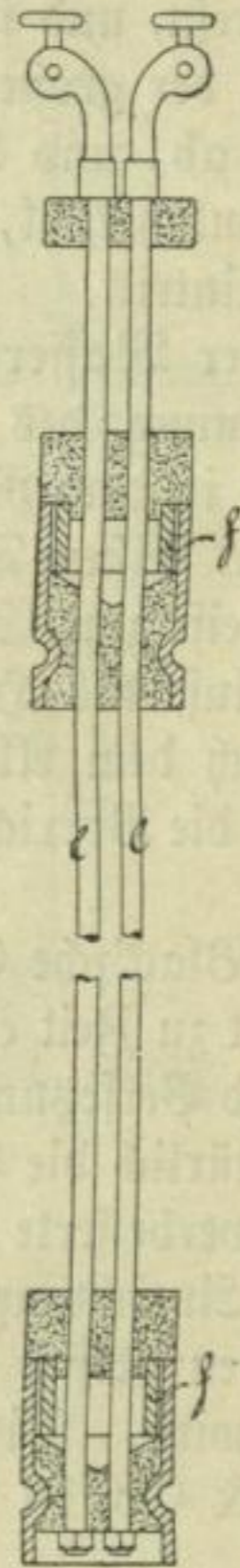


Fig. 98.

oberen Ende des inneren Rohres verbunden; hier ist nun ein kupfernes, die Abkühlung des aufsteigenden Wassers begünstigendes Schneckenrohr eingeschaltet, welches in dem doppelwandigen Kopf *c* endigt. Dieser Kopf ist, wie der Blac'sche Speiserufer, mit einem Entlüftungshähnhchen *d* versehen.

In das innere Rohr sind zwei kupferne Drähte *e* eingehängt, die bis nahe zum Boden desselben reichen; einige mit zwei

Löchern versehene, über die Drähte gesteckte Scheibchen aus Serpentinsteine, welches Material die Electricität nicht leitet, verhindern, daß sich die Drähte, die nach einem elektrischen Läutewerk führen, berühren, und das letztere in Thätigkeit tritt.

Zwei der Serpentinsteine, welche sich am oberen, beziehungsweise am unteren Ende des inneren Rohres befinden, besitzen nun an ihrer oberen Seite eine trichterförmige Vertiefung und einen durch eine übergeschobene Metallhülse hergestellten, vorstehenden Rand; in das hierdurch gebildete Näpfchen wird je ein Ring *f* eingelegt, der mit einem Schlitz versehen ist (damit er über die Drähte geschoben werden kann), im Uebrigen aber die Drähte nicht berührt. Beide Ringe sind aus einem leicht schmelzbarem Metall hergestellt; der Schmelzpunkt des oberen Ringes liegt bei etwa  $100^{\circ}$  C., der des unteren bei einer Temperatur, welche nur um ein Geringes höher ist, als die Siedetemperatur des Wassers bei einem Dampfdruck, der dem höchsten zulässigen Dampfdruck des Kessels gleich ist. Die Näpfchen sind endlich mit Deckeln aus Serpentinsteine versehen.

Bei der Inbetriebsetzung des Kessels wird der Zwischenraum der beiden Rohre, wie bei dem Black'schen Ruder, unter Zuhilfenahme des Entlüftungshähnhchens mit Wasser angefüllt.

Sobald durch zu tiefen Wasserstand das untere Ende des äußeren Rohres aus dem Wasser taucht, fällt das Wasser aus dem Kopf *c* und dem Schneckenrohr *b* herab, und füllt sich der Zwischenraum der beiden Rohre mit Dampf an, dessen Wärme den oberen Metallring zum Schmelzen bringt. Das geschmolzene Metall des Ringes fließt nunmehr nach der tiefsten Stelle des Näpfchens, stellt eine metallische Verbindung der beiden Drähte her und schließt den Strom, insofgedessen das Läutewerk ertönt.

Wird weiter der Druck im Kessel ein zu hoher, so kommt der untere Ring infolge der gesteigerten Temperatur des Kesselwassers zum Schmelzen und setzt das Läutewerk in Bewegung.

Derselbe Vorgang spielt sich auch ab, wenn der Kessel mit zu wenig Wasser angeheizt wird; ist z. B. das Flammenrohr nicht völlig mit Wasser bedeckt, und nimmt es insofgedessen eine hohe Temperatur an, so theilt sich dieselbe dem über ihm befindlichen Rohr mit, worauf die Vorrichtung ebenfalls in Thätigkeit tritt.

Eine außerordentliche Bequemlichkeit der Vorrichtung besteht darin, daß dieselbe sogleich nach ihrer Wirksamkeit während des Betriebes wieder in betriebsfähigen Zustand gesetzt werden kann. Man zieht dann nur die Drähte mit ihrer Ausrüstung aus dem inneren Rohr heraus, entfernt das geschmolzene Metall aus dem Näpfchen,

legt neue Schmelzringe ein, hängt die Drähte wieder in das Rohr, und die Vorrichtung ist wieder dienstbereit.

Die Schwarzkopff'sche Sicherheits-Vorrichtung leistet vortreffliche Dienste; nur bedarf die Pflege der elektrischen Batterie und Leitungen einiger Sorgfalt.

## 2. Hilfsvorrichtungen.

Die für jeden Dampfkessel erforderlichen Rohrleitungen, deren Zwecke entweder in der Zuleitung oder der Ableitung des Wassers und des Dampfes bestehen, sind meistens mit Absperrvorrichtungen auszurüsten; auch werden in diese Rohrleitungen häufig besondere Hilfsvorrichtungen eingeschaltet. Im Nachstehenden sollen nur die wichtigsten dieser Vorrichtungen besprochen werden.

Große Vortheile bietet die Einschaltung einer Absperrvorrichtung, bei kleineren Kesseln eines Hahnes, bei größeren eines Absperrventiles (vergleiche den rechten Theil der Figur 94 und die Figuren 100 und 101) zwischen Speiseventil und Kessel; es kann dann die gesammte Speisevorrichtung einschließlich des Speiseventiles nach dem Schließen des ersteren Ventiles während des Betriebes nachgesehen und in Ordnung gebracht werden. Damit hierbei auch die Instandsetzung der Stopfbüchse des Absperrventiles möglich ist, wird dasselbe derart am Kessel befestigt, daß das Kesselwasser unter dem Ventilteller steht.

Während des Betriebes ist natürlich der Hahn oder das Absperrventil geöffnet zu halten; über Nacht wird die Absperrvorrichtung geschlossen, um ein etwaiges Ausfließen von Wasser infolge von Undichtheiten des Speiseventiles oder des Druckrohres zu verhüten.

Bei Kesseln mit gemeinschaftlicher Speiserohrleitung sind Absperrventile unbedingt erforderlich. Mittelfst dieser Ventile wird die Speisung der verschiedenen Kessel geregelt; die Speisevorrichtungen gehen dann ununterbrochen fort, und werden nur die Absperrventile derjenigen Kessel geöffnet, welche Wasser erhalten sollen.

Auch Sicherheitsgründe sprechen für die Anbringung solcher Absperrventile. Es kann vorkommen, daß das Speiseventil nicht gehörig schließt, und auch der Druck in zwei benachbarten Kesseln nicht völlig gleich ist; dann wird aber das Wasser aus dem Kessel mit höherem Druck und hängengebliebenem Speiseventil nach dem anderen Kessel herübersteigen, und für den ersten Kessel die Gefahr des Glühendwerdens seiner vom Wasser entblößten Wandungen nahegerückt. Bemerkt der Heizer ein solches Vorkommniß noch recht-



zeitig, so kann er den gefährdeten Kessel durch Benutzung des Absperrventiles vor dem Entleeren bewahren.

Scholl hat ein Ventil erfunden, welches sich als eine Vereinerung des Speiseventiles mit dem Absperrventil darstellt und sehr häufig angewendet wird (Figuren 99 und 100); dasselbe gestattet mittelst einer Schraubenspindel *a* den Teller des Ventiles auf seinen Sitz zu pressen.

Oft werden in das nach dem Kessel führende Speiserohr Vorrichtungen eingeschaltet, welche dazu dienen, dem Speisewasser vor seinem Eintritt in den Kessel noch Wärme zuzuführen; man nennt

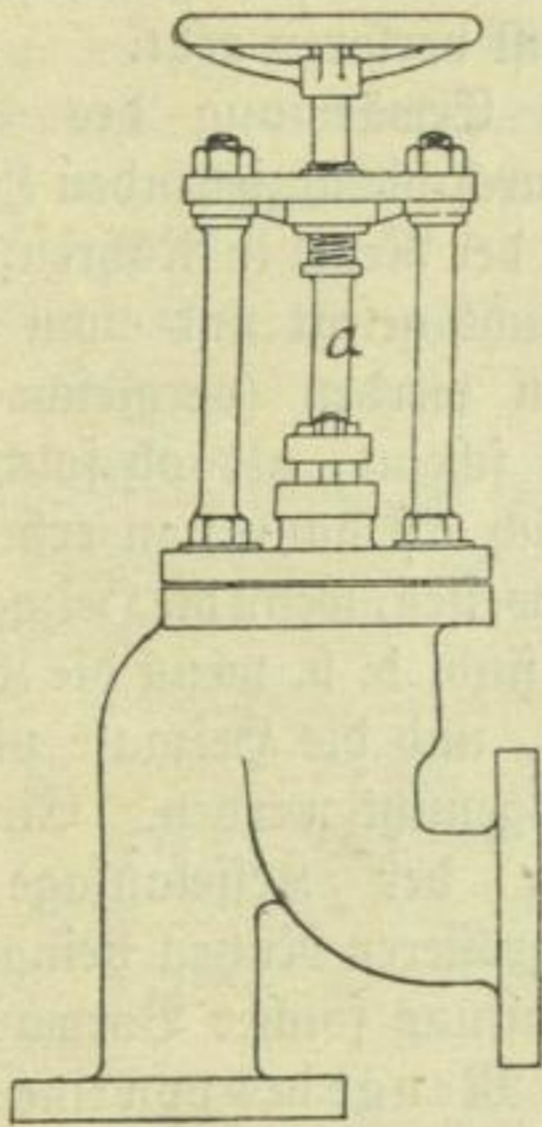


Fig. 99.

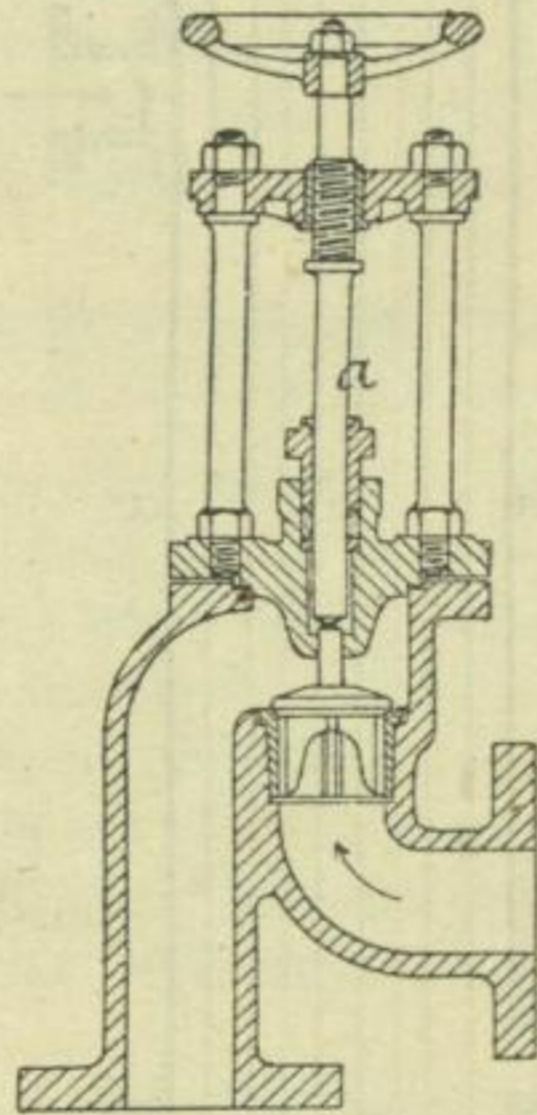


Fig. 100.

derartige Vorrichtungen Vorwärmer. Die dem Speisewasser mitzutheilende Wärme wird entweder von dem verbrauchten Dampf der Maschine oder den abziehenden Heizgasen geliefert.

Einen Vorwärmer, welcher die Wärme des Abstoßdampfes nutzbar macht, stellt Figur 101 (nächste Seite) dar.

Ein cylindrisches Gefäß *a* ist an seinen beiden Enden durch starke, schmiedeeiserne Böden geschlossen. Der obere Boden ist mit einer aufgeschraubten, gußeisernen Haube *b* versehen; an den unteren schließt sich ein Behälter *c* an. Zwischen beiden Böden sind eine Anzahl schmiedeeiserne Röhren *d* eingezogen.

Die Röhren werden von dem abziehenden Dampf der Maschine, der bei *e* ein- und bei *f* wieder austritt, umspült. Das oben in die Haube geführte, durch die Röhren sich bewegende und unten wieder

abgeleitete Speisewasser nimmt daher einen beträchtlichen Theil der in dem Dampf enthaltenen Wärme auf.

Durch den Stutzen *g* fließt das aus dem Dampf sich bildende Wasser ab; der Deckel *h* ermöglicht die Reinigung des Behälters.

Findet kaltes Speisewasser Verwendung, so wird der Betrieb einer mit einem solchen Vorwärmer verbundenen Speisepumpe vortheilhafter, als der eines Injektors, da auf diese Weise Wärme wieder in den Kessel gebracht wird, welche sonst verloren geht.

Die Erwärmung des Speisewassers durch die abziehenden Heizgase erfolgt in der Regel in Röhren, welche in den Fuchs gelegt und vom Wasser durchzogen werden (vergleiche Figur 44). Es scheint, als ob solche Vorwärmer sich erst dann von erheblichem Nutzen erweisen, wenn die Heizgase noch sehr heiß sind, d. h. wenn die Kessel zu klein sind, und die Heizgase nicht gehörig ausgenutzt werden. Eine Vergrößerung der Kesselanlage wird meistens größeren Nutzen bringen, als die Beschaffung solcher Vorwärmer.

Die Menge des von einer Kesselanlage verbrauchten Wassers kann auf verschiedene Weise ermittelt werden; es finden hierzu Gefäße, Hubzähler und Wassermesser Verwendung.

Auf die einfachste Weise läßt sich die Wassermenge mit Hilfe von Gefäßen ermitteln, deren Inhalt be-

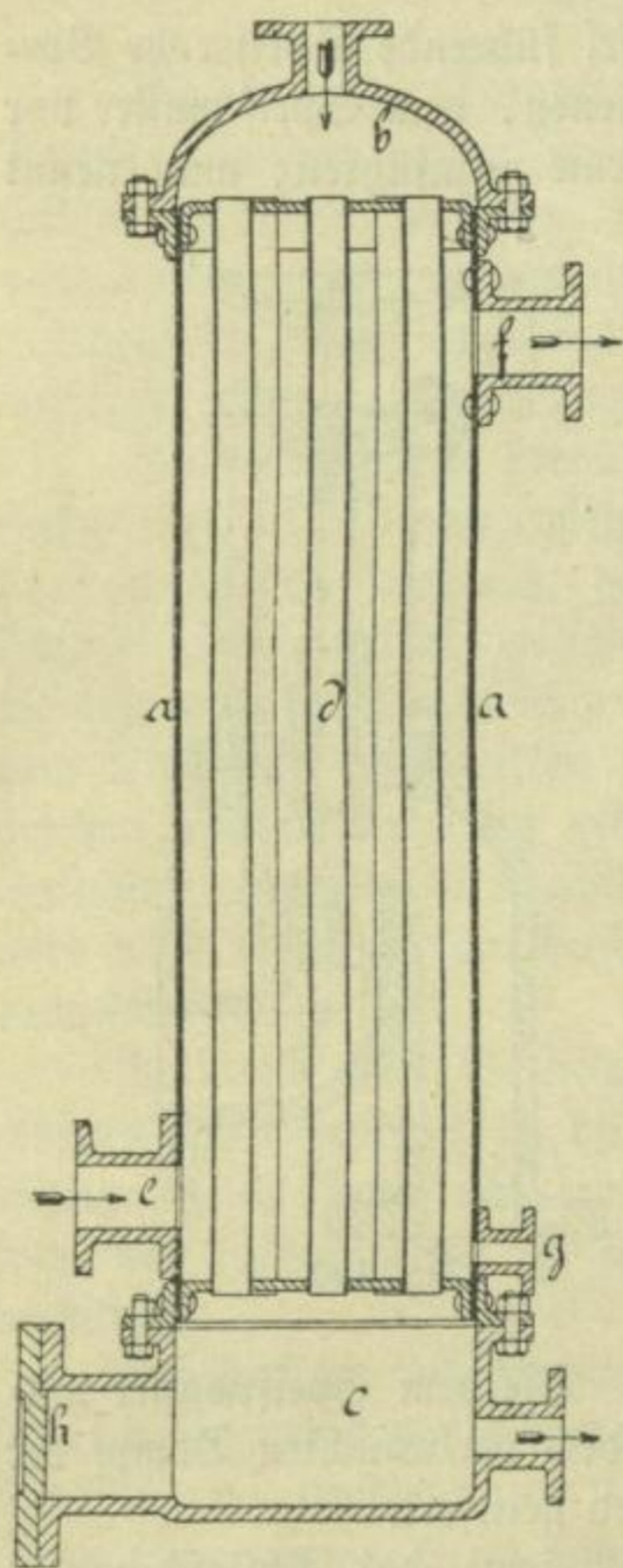


Fig. 101.

rechnet wird, und welche abwechselnd mit frischem Wasser gefüllt und mittelst der Speisevorrichtungen in den Kessel entleert werden. Dieses Verfahren erfordert zwar etwas Arbeit, führt aber zu recht zuverlässigen Ergebnissen.

Die Ermittlung der Speisewassermenge mittelst eines Hubzählers, welcher an der Speisepumpe angebracht wird, ist eine recht mühelose; aus der Zahl der Spiele der Pumpe und den Maßen der letzteren läßt sich leicht die in den Kessel geschaffte Wassermenge be-

rechnen. Man erhält indessen auf diese Weise ziemlich unsichere Angaben.

Zuverlässiger haben sich die Speisewassermesser erwiesen, welche in zwei verschiedenen Bauarten ausgeführt und entweder in die Rohrleitung, welche das Speisewasser zuführt, oder auch in die Speiserohre selbst eingeschaltet werden.

Bei der einen Bauart, die nur für kaltes Wasser bestimmt ist, durchfließt das zu messende Wasser ein Gehäuse und bewegt ein in demselben befindliches Schaufelrädchen von Hartgummi, dessen Umdrehungen durch ein Zählwerk die Wassermenge anzeigen. Bei der anderen Art, Patent Schmidt, durchläuft das Wasser zwei Cylinder mit Kolben, welche eine Welle in Bewegung setzen, deren Umdrehungen die Wassermenge angeben; ein solcher Wassermesser verträgt auch heißes Wasser und kann daher in die Druckleitung eingeschaltet werden.

Mit der Herstellung von Wassermessern beschäftigt sich besonders die Firma Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover.

Die Rohrleitungen, welche den im Kessel erzeugten Dampf nach seinen Verbrauchsorten führen, werden ebenfalls, je nach der Weite des betreffenden Rohres, mit Hähnen oder Ventilen ausgerüstet. Solcher Dampfabsperrvorrichtungen besitzt oft ein Dampfkessel, wenn der Dampf nach verschiedenen Punkten der Fabrik zu leiten ist, eine beträchtliche Anzahl. Stets werden diese Vorrichtungen am höchsten Punkte des Kessels, gewöhnlich an dem Dampfdom angebracht, welcher mit besonderen, hierzu bestimmten Stützen versehen wird.

Die Figuren 102 und 103 stellen ein Dampfabsperrventil in der Ansicht und im Längenschnitt dar.

Das Absperrventil besteht aus einem gußeisernen Gehäuse *a* mit einem Ventilsitz und Ventilteller *b* aus Rothguß. Der Ventilteller ist drehbar an einer mit Gewinde versehenen Ventilspindel *c* befestigt, welche sich in der Mutter *e* dreht, nach außen hin durch die Stopfbüchse *d* abgedichtet ist und ein Handrad *f* trägt.

Die Drehung des Handrades bewirkt ein Öffnen oder Schließen des Ventiles.

Das in den Figuren 102 und 103 dargestellte Ventil ist ein sogenanntes Bauchventil; das in Figur 94 an das Speiseventil sich anschließende Absperrventil nennt man ein Eckventil.

In der Regel werden die Dampfabsperrventile in der Weise verwendet, daß der Dampf den Weg des Pfeiles nimmt; der Dampfdruck unterstützt dann den dichten Abschluß des Ventiles. Bei größeren, aus mehreren Kesseln bestehenden Anlagen bringt man

die Ventile am Dom wohl auch derart an, daß der in der gemeinschaftlichen Rohrleitung befindliche Dampf die Ventile der außer Betrieb stehenden Kessel zu schließen sucht.

Zuweilen werden die Dampfkessel mit Dampfpfeifen ausgerüstet. Diese Pfeifen besitzen entweder eine der Hirtenpfeife ähnliche Form, oder sie sind mit einer Glocke versehen.

Pfeifen der ersten Art (Figur 104), welche man auch als Nebelhörner bezeichnet, sind z. B. bei den auf der Elbe verkehrenden Dampfern im Gebrauch; das in den Untersatz der Pfeife *a* eingebaute Ventil *b*, welches der Dampfdruck zu schließen sucht, kann mittelst eines Winkelhebels *c* und eines Drahtzuges geöffnet werden. Derartige Pfeifen geben einen tiefen, heulenden Ton von sich.

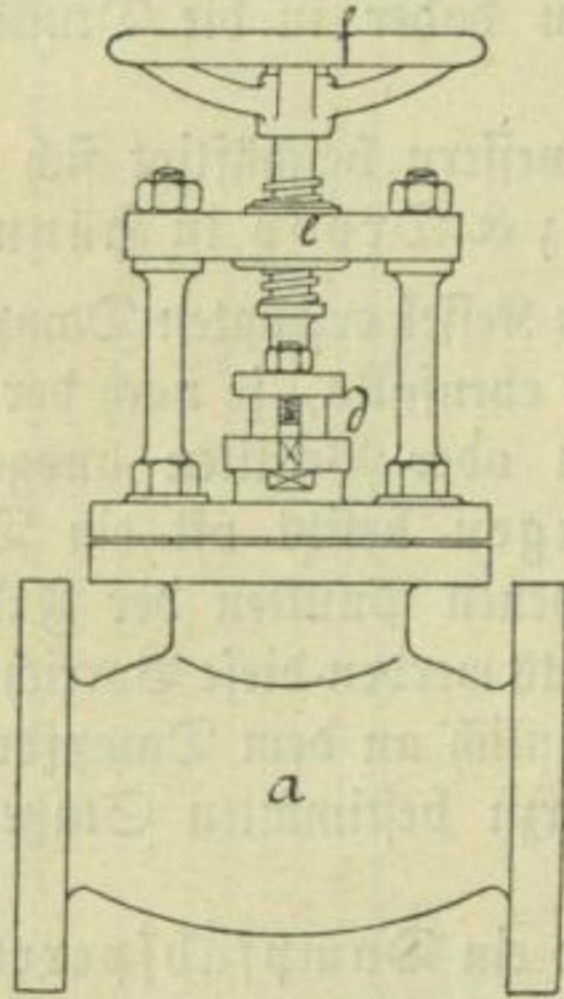


Fig. 102.

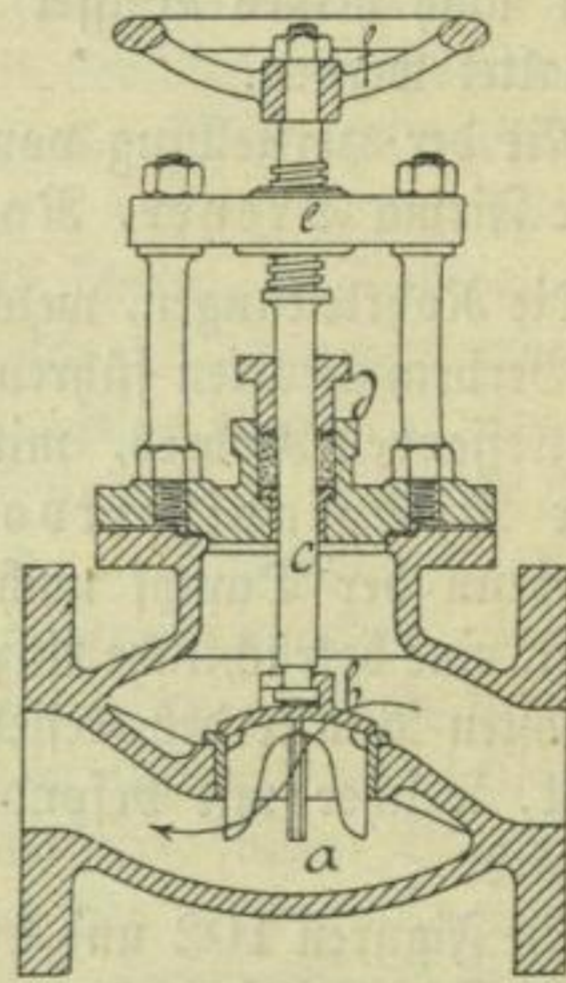


Fig. 103.

Bei den auf den Lokomotiven gebräuchlichen Glockenpfeifen (Figuren 105 und 106) entströmt der Dampf einem ringförmigen Schlitz, bricht sich an dem scharfen Rand einer Metallglocke *a* und bringt diese und die in derselben eingeschlossene Luft mit etwas hellerem Klang zum ertönen.

Die zuweilen angebrachten, zum Ablassen des Dampfes bei Betriebseinstellungen bestimmten Vorrichtungen bedürfen keiner Besprechung.

Jeder Kessel muß weiter mit einer Ablassvorrichtung versehen werden, welche sowohl ein theilweises Ablassen des Kesselwassers als auch ein Entfernen des ganzen Wasserinhaltes ermöglicht. Es bedarf keiner Erläuterung, daß die hierbei verwendeten Hähne oder

Ventile immer am tiefsten Punkt des Kessels und leicht zugänglich anzubringen sind. Wird das Ablassventil auf den Mantel eines eingemauerten Kessels geschraubt, so muß es, damit sich der Kessel vollständig entleert, mit einem besonderen, nahe bis zum Kesselboden herabreichenden Ansatzrohr versehen werden. Oft werden die Ablassventile mit dem Speiseventil an einem gemeinschaftlichen Stutzen befestigt.

Die Ablassrohre führt man gewöhnlich in die Schleusen, damit durch den austretenden Strahl heißen Wassers Niemand verletzt wird.

Um die Reinigung des Kessels zu ermöglichen, hat endlich jeder Kessel an geeigneten Stellen ovale Reinigungsöffnungen und

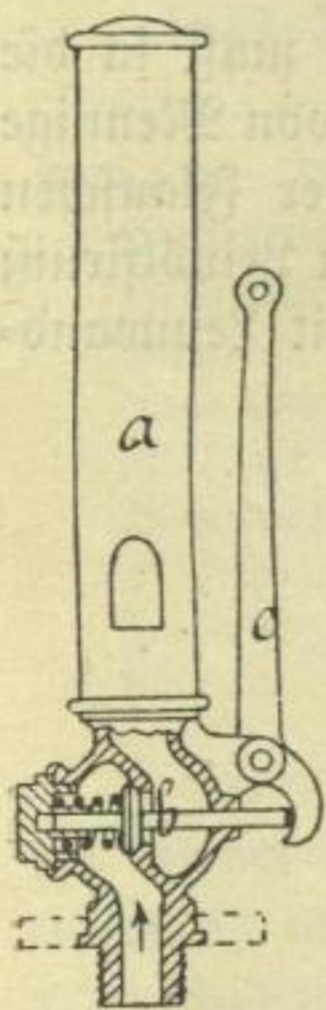


Fig. 104.

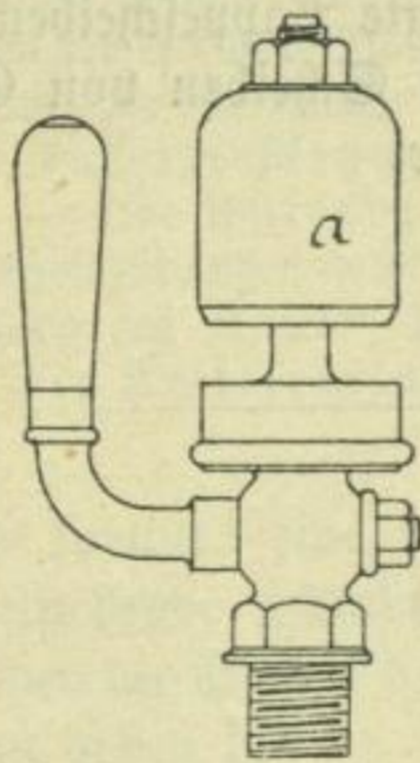


Fig. 105.

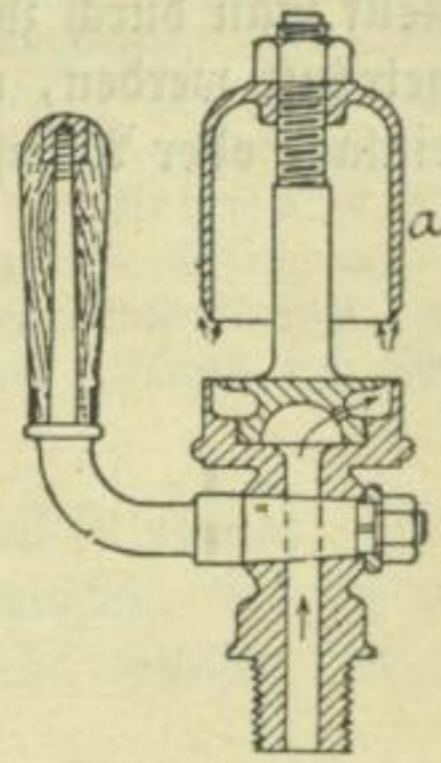


Fig. 106.

Einsteige- oder Mannlöcher zu erhalten, die durch Deckel verschließbar einzurichten sind.

Kleinere Reinigungsöffnungen erhalten eine Größe, bei welcher man mit dem Arm bequem durchfahren kann. Damit ein Mannloch dem Heizer den Durchgang ermöglicht, muß es eine Breite von mindestens 450 mm und eine Höhe von mindestens 350 mm besitzen.

Die Verschlüsse werden derart hergestellt, daß der Dampfdruck den Deckel aufpreßt, wodurch das Dichthalten begünstigt wird (vergleiche Figur 51). Die Befestigung des Deckels erfolgt mittelst übergesteckter Bügel und Schrauben. Als Dichtungsmittel wird gewöhnlich eine runde oder flache Schnur von Gummi mit Hanfgewebe verwendet. Soll dieselbe recht lange benutzt werden, so müssen die Stellen des Kessels, an welchen sie aufliegt, mit Wasserblei eingerieben werden; sie trennt

sich dann bei dem Oeffnen des Verschlusses leicht vom Kessel, ohne zu zerreißen. Neuerdings werden die Mannlochdeckel auch mittelst Cement abgedichtet.

Es ist zum Schluß darauf hinzuweisen, daß keines der an dem Kessel befindlichen Ausrüstungsstücke, falls dieselben nicht in die Kesselwandungen geschraubt werden, unmittelbar auf dem Kessel befestigt werden darf, da der Kessel durch die Dichtung und das Tropfwasser angegriffen wird. Zur Befestigung der Sicherheitsvorrichtungen sind vielmehr stets aufgenietete, gußeiserne Stützen zu benutzen, deren dichter Anschluß durch eine zwischengelegte schmiedeeiserne Scheibe, die ein Verstemmen ermöglicht, erzielt wird (vergleiche Figur 66).

Um ein Armaturstück dampfdicht einzuschrauben, muß in die Gewindegänge etwas Hanf gewickelt und ein dicker Kitt von Mennige und Leinölfirniß gestrichen werden. Die Dichtung der Flanschen stellt man durch zwischengelegte Pappescheiben, welche in Leinölfirniß getränkt werden, oder durch Scheiben von Gummi mit Leinwandeinlage oder Asbestpappe her.

---

## Neunter Abschnitt.

### Die Beschaffung, Inbetriebsetzung und der regelmäßige Betrieb eines Dampfkessels; die Unterbrechungen des Betriebes und die Kesselexplosionen.

Inhalt: Die Beschaffung eines Dampfkessels: Wahl des Druckes, Ermittlung der Größe der Anlage; Wahl der Kesselbauart, Bestimmung der Heizflächengröße; Wahl der Art und Größe der Feuerungsanlage; der Kesselraum. — Die Einholung der behördlichen Genehmigung. — Die Anstellung eines Heizers. — Die Inbetriebsetzung des Kessels. — Der regelmäßige Betrieb. — Die Unterbrechungen des Betriebes: Die Beimengungen und Ausscheidungen des Speisewassers, die Reinigung des Wassers; die Reinigung des Kessels; längere Betriebseinstellungen; gefährliche Zustände. Die Kesselexplosionen, ihre Ursachen und Verhütung.

Wer in die Lage kommt, eine neue Dampfkesselanlage — es sei hierbei an eine feststehende gedacht — zu errichten, hat sich zunächst zu entscheiden über die Höhe des Druckes, welcher dem zu erzeugenden Dampfe zu geben ist.

Handelt es sich um eine Anlage, welche lediglich Dämpfe zum Betrieb von Maschinen erzeugen soll, und ist die Anlage eine kleinere, so wird man sich auch mit einem mäßigen Dampfdruck begnügen und nicht über 7 Atmosphären Ueberdruck hinausgehen. Bei großen derartigen Anlagen mit ziemlich gleichmäßigem Kraftbedarf wird ein möglichst hoher Dampfdruck, bis zu 12 Atmosphären Ueberdruck, zu wählen sein, damit der Betrieb sich zu einem recht sparsamen gestaltet. Große Anlagen mit unregelmäßigem Kraftbedarf müssen indessen wieder mit mäßigerem Dampfdrucke betrieben werden, weil dann Kessel mit einem im Verhältniß zur Heizfläche genügend großen Wassergehalt erforderlich sind; solche Kessel können aber für einen hohen Dampfdruck nicht hergestellt werden.

Soll eine Anlage lediglich oder überwiegend Dämpfe für Koch- und Heizzwecke erzeugen, so ist ebenfalls ein mäßiger Dampfdruck angezeigt.

Hiernach ist eine Entscheidung zu treffen über die Größe der Anlage. Die Größe der Anlage hängt aber im Wesentlichen von der zu verrichtenden Leistung, d. h. der Menge des zu erzeugenden Dampfes ab.

Handelt es sich um den Ersatz einer älteren Anlage, so ist diese Dampfmenge leicht durch Messung der bisher durchschnittlich verbrauchten Speisewassermenge zu bestimmen.

Auch die Ermittlung der zu erzeugenden Dampfmenge, wenn eine neue Dampfmaschinenanlage in Frage steht, macht nicht viel Schwierigkeiten; selbstverständlich muß aber bekannt sein, welche Leistung die in den Betrieb zu setzende Dampfmaschine in Pferdestärken auszuüben hat.

Es ist durch Versuche festgestellt worden, daß für jede effektive, d. h. an die Transmission abgegebene Pferdestärke in der Stunde eine Dampfmenge verbraucht wird von:

30 kg bei kleinen Hochdruckmaschinen ohne Expansion ( $\frac{6}{10}$  Füllung),

20 kg bei größeren Hochdruckmaschinen mit Expansion ( $\frac{3}{10}$  Füllung),

15 kg bei älteren Kondensationsmaschinen mit  $\frac{1}{5}$  Füllung,

9,5 kg bei neueren Hochdruckmaschinen mit  $\frac{1}{10}$  Füllung und Kondensation,

8,0 kg bei den neuesten, großen Verbund-Dampfmaschinen mit starker Expansion und Kondensation.

Mit Hilfe dieser Zahlen kann mühelos der Dampfverbrauch einer Dampfmaschine berechnet werden.

Der Dampfverbrauch für Heiz- und Kochzwecke läßt sich weniger leicht im Voraus bestimmen; die hierüber anzustellenden Berechnungen sind ziemlich schwierig und können hier nicht erörtert werden. Oft wird man sich auch mit Abschätzungen begnügen müssen, welchen aber der Sicherheit wegen ein reichlicher Zuschlag zu ertheilen ist.

Nunmehr ist zur Wahl der Kesselbauart zu schreiten; hierbei spielen außer dem gewählten Dampfdruck und der Menge des zu erzeugenden Dampfes nochmals die Gleichmäßigkeit des Dampfverbrauches, weiter die Betriebsweise, ob die Anlage ununterbrochen oder mit Pausen in Betrieb kommen soll, und ob dieselbe recht rasch in betriebsfertigen Zustand versetzbar sein muß, ferner der zur Aufstellung der Anlage verfügbare Raum und endlich auch die Beschaffenheit des zu verwendenden Speisewassers wichtige Rollen.

Für Anlagen mit mäßigem Dampfdruck kommen der Zylinderkessel, der Siederohrkessel, der Flammenrohrkessel, der Heizröhren-



kessel und der zusammengesetzte Kessel (der Tischbeinkessel 2c.) in Frage; bei hohem Dampfdruck ist aber zum Feuerbüchsenkessel und zum Wasserröhrenkessel zu greifen.

Bei kleineren und mittleren Anlagen sind ferner der Cylinderkessel, Siederohrkessel, Flammenrohrkessel und Heizrohrkessel anwendbar; große Anlagen werden häufig mit zusammengesetzten Kesseln versehen.

Je ungleichmäßiger der Dampfverbrauch ist, einen im Verhältniß zur Heizfläche desto größeren Wasserinhalt muß weiter die zu wählende Kesselbauart besitzen; für Betriebe, wie die Förderanlagen der Bergwerke, für Färbereien und Brauereien bleibt daher nur die Wahl zwischen dem Cylinderkessel, Siederohrkessel und Flammenrohrkessel übrig. Für Anlagen mit häufig unterbrochenem Betrieb und solche, welche in kurzer Zeit betriebsfertig sein müssen, wie z. B. kleinere, nur im Sommer benutzte Wasserhebwerke, die Dampfwehrspritzen u. A., sind dagegen Kesselarten mit reichlichem Wasserinhalt völlig ungeeignet; zu diesen Zwecken finden hauptsächlich Feuerbüchsenkessel Verwendung.

In recht nachtheiliger Weise übt zuweilen der für die Aufstellung der Anlage verfügbare Raum auf die Wahl der Kesselbauart einen Einfluß aus; häufig genug werden bei knapp bemessenem Raum trotz des voranzusehenden, unregelmäßigen Dampfverbrauches Kesselbauarten mit geringem Wasserinhalt, wie Feuerbüchsenkessel oder gar Wasserröhrenkessel, angewendet; daß der Betrieb dann zu einem wenig befriedigenden wird, darf nicht Wunder nehmen. Nur wenn der Betrieb ein ziemlich gleichmäßiger ist, erscheint die Verwendung derartiger Kessel angezeigt; andernfalls ist Alles aufzubieten, um einen angemessenen Raum für die Anlage zu beschaffen.

Einen nicht unerheblichen Einfluß übt endlich die Beschaffenheit des Speisewassers auf die Wahl der Kesselbauart aus. Muß ein schlechtes, viel Schlamm und Kesselstein absonderndes Speisewasser benutzt werden, und ist es nicht möglich, das Wasser vor seiner Verwendung zu reinigen, so wird es unter Umständen, wenn man mit dem Raum nicht zu sehr beschränkt ist, gerathener sein, einen einfacheren, aber leichter zu reinigenden und dann weniger zu Reparaturen Anlaß gebenden Kessel, der zugleich einen größeren, der Gleichmäßigkeit des Dampfdruckes günstigen Wasserinhalt besitzt, zu wählen und auf die Vortheile des hohen Dampfdruckes zu verzichten.

Aus den vorstehenden Erörterungen dürfte ersichtlich sein, daß es oft recht schwierig ist, für einen vorliegenden Fall die günstigste Kesselbauart ausfindig zu machen.

Die beweglichen Dampfkessel, deren Bauart feststeht, bereiten natürlich diese Schwierigkeiten nicht.

Aus der ermittelten Dampfmenge ist endlich leicht die erforderliche Größe der Heizfläche zu bestimmen; es braucht dann nur mit einer der im siebenten Abschnitt für die verschiedenen Kesselbauarten mitgetheilten Zahlen, welche sich auf die stündlich von einem Quadratmeter Heizfläche bei regelrechtem Betrieb zu erwartende Dampfmenge beziehen, in jene ermittelte Dampfmenge dividirt zu werden, so ergibt sich die Heizflächengröße der zu errichtenden Kesselanlage in Quadratmetern. Es zeigt sich hierbei auch, ob die Anlage aus einem oder mehreren Kesseln zu bestehen hat.

Für die Art und Größe der anzuwendenden Feuerungsanlage ist die Art des Brennmaterials, welches benutzt werden soll, und wieder die zu erzeugende Dampfmenge maßgebend.

Bei stückförmiger Stein- und Braunkohle, Roaks und Holz in Stücken, sowie auch klarer backender Steinkohle ist eine Planrostfeuerung zu wählen; bei klarer magerer Steinkohle, erdiger Braunkohle und Holzabfall dagegen eine Treppenrostfeuerung.

Mit Hilfe der auf Seite 57 mitgetheilten Verdampfungszahlen läßt sich weiter leicht ermitteln, wie viele Kilogramm Brennmaterial stündlich erforderlich sind, um die für den Betrieb nothwendige Dampfmenge zu erzeugen. Aus dieser Brennmaterialmenge kann aber wieder mit Hilfe der auf Seite 84 und 91 mitgetheilten Zahlen, welche angeben, wie viele Kilogramm Brennmaterial auf einem Quadratmeter Krostfläche stündlich unter günstigen Verhältnissen verbrannt werden können, berechnet werden, wie groß die Fläche des Rostes zu sein hat.

Ob nunmehr eine Unterfeuerung, Vorfeuerung oder Innenfeuerung anzuwenden ist, hängt von dem verfügbaren Raume, der Kesselbauart und dem Brennmaterial ab.

Endlich ergibt sich aus der ermittelten Rostgröße die erforderliche Weite des Schornsteines an seiner Mündung, wenn die auf Seite 121 mitgetheilten Verhältniszahlen für die Schornsteine benutzt werden, nach welcher Größe sich schließlich auch der Querschnitt oder die Weite der Züge zu richten hat.

Beispiel: Eine Fabrik brauche zu ihrem Betrieb eine 100pferdige Dampfmaschine; die letztere soll mit starker Expansion arbeiten und mit einer Kondensationseinrichtung versehen sein. Wie ist die hierzu erforderliche Dampfkesselanlage zweckmäßig zu gestalten? —

Da es sich nicht um eine sehr große Anlage handelt, so kann

man sich mit einem Dampfdruck von 7 Atmosphären Ueberdruck begnügen.

Die Maschine braucht nach den oben mitgetheilten Ziffern stündlich  $100 \times 9,5 = 950$  kg Dampf.

Wählt man nach reiflicher Erwägung als geeignetste Kesselform für die zu errichtende Anlage die des Flammenrohrkessels, von welchem der Quadratmeter Heizfläche stündlich unter günstigen Verhältnissen 15 kg Dampf zu liefern vermag, so würde der Kessel bei einer Heizfläche von  $\frac{950}{15} = 63$  Quadratmetern genügend groß sein. Mit Rücksicht auf eine größere Sparsamkeit im Brennmaterialverbrauch und eine etwaige Verstärkung des Betriebes bei flottem Geschäftsgang erscheint es aber rathsam, die Heizfläche noch reichlicher zu nehmen und vom Quadratmeter stündlich nur 12 kg Dampf zu verlangen, was eine Heizfläche von  $\frac{950}{12} = 79$  Quadratmetern nothwendig macht.

Da man in zweckmäßigen Fabrikanlagen stets einen Kessel in Reserve hält, um die Reinigung und Instandsetzung der Kessel bequem und gründlich vornehmen zu können, ohne im Betrieb gestört zu werden, so würde man entweder 2 Kessel mit je 80 Quadratmetern Heizfläche, welche abwechselnd, oder 3 Kessel mit je 40 Quadratmetern beschaffen müssen, von welchen dann immer zwei im Betrieb wären.

Als Brennmaterial diene Zwickauer Steinkohle, von welcher jedes Kilogramm in einer so reichlich bemessenen Kesselanlage rund 7 kg Wasser zu verdampfen vermag. Alsdann werden im Betrieb stündlich  $\frac{950}{7} = 136$  kg Steinkohle verbraucht, welche zu ihrer Verbrennung, da zweckmäßig auf 1 Quadratmeter Kostfläche stündlich 80 kg Steinkohle verbrannt werden, eine Kostfläche von  $\frac{136}{80} = 1,7$  Quadratmetern erfordern. Der Kessel mit 80 Quadratmetern Heizfläche hätte daher einen Planrost von etwa 1,8 oder jeder der Kessel mit 40 Quadratmetern einen solchen von 0,9 Quadratmetern totaler Kostfläche zu erhalten.

Das Speisewasser sei etwas hart, so daß das Aufsetzen festen Kesselsteines zu erwarten steht; es wird dann rathsam sein, eine Innenfeuerung anzuwenden.

Wird die Anlage mit einem 30 m hohen, runden Schornstein versehen, so muß dessen obere Mündung (vergleiche Seite 121) einen Querschnitt von  $\frac{1}{5} \times 1,8 = 0,36$  Quadratmetern erhalten, welchem ein lichter Durchmesser von 0,68 m entsprechen würde; mit Rücksicht auf eine mögliche Vergrößerung der Dampfkesselanlage wird man aber den Schornstein mit 0,80 m lichter Weite errichten.

Die Züge des Kessels mit 80 Quadratmetern Heizfläche müßten

endlich Querschnitte von mindestens 0,36 Quadratmetern, die eines Kessels mit 40 Quadratmetern Heizfläche aber solche von mindestens 0,18 Quadratmetern erhalten.

Den Kessel lasse man nun in einer Fabrik anfertigen, die sich eines guten Rufes erfreut, und zahle lieber etwas mehr, um einen recht dauerhaften Kessel zu erhalten; ein mangelhaft gearbeiteter Kessel aus schlechtem Material ist bald reparaturbedürftig; hieraus ergeben sich aber nicht bloß Geldverluste, sondern auch Betriebsstörungen, welche dem Geschäft noch größeren Schaden bereiten.

Die Kesselfabrik hat übrigens auch stets dafür zu sorgen, daß der Kessel vor seiner Ablieferung der amtlichen Druckprobe unterworfen wird.

Vor dem Ankauf gebrauchter Kessel ist im Allgemeinen zu warnen; selten paßt ein solcher Kessel so recht in die Verhältnisse hinein, unter welchen er wieder in Betrieb kommen soll, und öfters hat er verborgene Fehler, die dem Auge des nicht in diesen Dingen Bewanderten entgehen. Niemals kaufe man aber einen solchen Kessel, wenn er nicht vorher vom Aufsichtsbeamten innerlich und äußerlich untersucht, mit Wasserdruck probirt und noch für diensttüchtig erklärt worden ist; zur Bergewisserung dessen verlange man vor Abschluß des Handels vom Verkäufer das von jenem Beamten hierüber ausgestellte Attest.

Für die zu errichtende und in ihren Hauptverhältnissen festgestellte Kesselanlage ist endlich an einen Aufstellungsraum oder ein Kesselhaus zu denken.

Kleinere Kesselanlagen, deren Betriebsüberdruck 6 Atmosphären nicht überschreitet, und bei welchen die Zahl, welche man erhält, wenn die Anzahl der Quadratmeter Heizfläche des Kessels mit der Zahl der Atmosphären (Ueberdruck) multipliziert wird, 30 nicht übersteigt, dürfen auch in Räumen und unter Räumen aufgestellt werden, in welchen sich Menschen aufzuhalten pflegen; doch ist dann die Feuerungsanlage des Kessels so einzurichten, daß die Einwirkung des Feuers auf den Kessel im Falle einer Gefahr sofort gehemmt werden kann, d. h. der Rost muß herabkippbar hergestellt werden, damit sich das Feuer sofort vom Roste herabwerfen läßt (vergleiche § 14 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen).

Alle übrigen Kessel, mit Ausnahme der aus Siederöhren von weniger als 10 cm Weite hergestellten Wasserröhrenkessel, welche dieselbe Bergünstigung wie die oben bezeichneten Kessel genießen, bedürfen eines besonderen, geräumigen Kesselhauses.

Ein solches Kesselhaus darf weder überwölbt sein, noch eine feste Balkendecke besitzen; es ist mit einem möglichst leichten und feuersicheren Dache zu versehen. Es muß ferner berücksichtigt werden,

daß die Thüren des Kesselhauses nach außen aufschlagen, damit eine gefährdete Person leicht den Ausgang gewinnen kann.

Das Kesselhaus ist, wenn irgend thunlich, dahin zu stellen, wo sich das Brennmaterial mit möglichst wenig Mühe bis vor den Kessel bringen läßt, also in die Nähe der Einfahrt in das Fabrikgrundstück oder des etwa vorhandenen Eisenbahngleises; zugleich muß aber auch darauf Bedacht genommen werden, daß möglichst kurze Rohrleitungen nach dem Maschinenhaus und der Fabrik erforderlich werden.

An die Errichtung der gesammten Kesselanlage darf nun nicht eher gegangen werden, als bis die zuständige Behörde hierzu ihre Genehmigung\*) ertheilt hat; denn § 24 der Gewerbeordnung des Deutschen Reiches besagt: „Zur Anlegung von Dampfkesseln, dieselben mögen zum Maschinenbetrieb bestimmt sein oder nicht, ist die Genehmigung der nach den Landesgesetzen zuständigen Behörden erforderlich“.

Es ist daher ein Gesuch um Genehmigung zur Errichtung der Anlage bei der Polizeibehörde einzureichen; dem Gesuche sind Zeichnungen und Beschreibungen der Anlage beizufügen.

Die Behörde übergiebt das Gesuch dem ihr beigeordneten technischen Beamten (dem Gewerbe-Inspektor zc.), welcher die Eingaben an der Hand der gesetzlichen Bestimmungen prüft; sie ertheilt hierauf die Genehmigung, entweder ohne jeden Vorbehalt, oder unter gewissen Bedingungen und Vorschriften, oder erklärt auch die Anlage für unzulässig, wenn dieselbe gegen gesetzliche Bestimmungen verstößt.

Wird eine genehmigte Anlage nicht innerhalb eines Jahres ausgeführt, so erlischt nach § 49 der Gewerbeordnung die ertheilte

\*) Nur die unter dem Namen der Kochkessel bekannten Dampferzeuger (vergleiche § 22, Ziffer 3 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen) bedürfen keiner behördlichen Genehmigung; es sind dies Dampfkessel, welche mit einem offenen, nicht verschließbaren Standrohr oder einer diesem gleichwirkenden Sicherheitsvorrichtung versehen sind.

Das Standrohr muß ein Stück bis über den tiefsten Wasserstand in den Wasserraum hinab reichen und mindestens 8 Centimeter Weite besitzen; es darf nicht über 5 Meter hoch sein. In diesem Standrohr steigt das Wasser unter dem Drucke des Dampfes empor; ist letzterer so groß geworden, daß der Spiegel im Rohre die Höhe von 5 Metern erreicht hat, so fließt das Wasser oben so lange über, bis der Wasserspiegel im Kessel bis zur unteren Mündung des Standrohres gesunken ist, und nunmehr auch der Dampf entweicht. Der Druck kann in einem solchen Kessel mithin nicht höher gebracht werden, als wie auf 5 Meter Wassersäule = einer halben Atmosphäre Ueberdruck über den äußeren Luftdruck.

Die Kochkesselanlagen sind bei den Behörden der Feuerungsanlage wegen anzumelden.

Genehmigung mit Ablauf dieses Zeitraumes; eine genehmigte und im Betrieb gewesene Anlage verliert aber ebenfalls die Genehmigung, wenn sie länger als 3 Jahre unbenutzt geblieben ist. Soll die Anlage nach der erstgenannten Frist doch noch errichtet oder nach einem dreijährigen Stillstand wieder in Betrieb gesetzt werden, so ist hierzu von Neuem Genehmigung einzuholen.

Soll ein beweglicher Dampfkessel dauernd an demselben Ort benutzt werden, so wird er bei der Genehmigung als feststehender Kessel behandelt (vergleiche § 18 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen).

Auch wesentliche Veränderungen einer bereits als vorschriftsmäßig erachteten Anlage bedürfen einer behördlichen Genehmigung.

Nachdem eine genehmigte Kesselanlage fertiggestellt worden ist, muß sie vor ihrer Inbetriebnahme durch den technischen Beamten (Gewerbeinspektor etc.) einer Untersuchung — der Abnahmeuntersuchung — unterworfen werden. Der genannte Beamte prüft hierbei an Ort und Stelle, ob die Anlage allen gesetzlichen Vorschriften entspricht; ob die bei der Genehmigung ausgesprochenen Bedingungen erfüllt, ob das Kesselhaus, die Feuerungsanlage, insbesondere auch die Feuerzüge vorschriftsmäßig hergestellt (vergleiche Seite 116) und die Sicherheitsvorrichtungen zuverlässig sind. Je nach dem Ergebnis dieser Untersuchung erteilt hierauf der Beamte die Erlaubniß zur Inbetriebsetzung der Anlage, oder er beanstandet dieselbe noch und schreibt die vorzunehmenden Aenderungen vor; erst wenn eine neue Untersuchung ergeben hat, daß alle Anstände behoben worden sind, darf der Betrieb begonnen werden.

Bei wesentlichen Veränderungen oder Umbauten, z. B. der Erneuerung der Einmauerung eines feststehenden Dampfkessels, hat das gleiche Verfahren stattzufinden.

Für die nunmehr statthafte Inbetriebsetzung des Kessels ist die Herbeiziehung und Anstellung eines tüchtigen Heizers erforderlich.

Ueber die nothwendigen persönlichen Eigenschaften eines Heizers mögen folgende Bemerkungen Platz finden:

Der Heizer muß vor allen Dingen die Bedienung des Kessels, die Behandlung der Sicherheitsvorrichtungen und insbesondere das Heizen gründlich verstehen; er muß aber auch ein gewissenhafter, aufmerksamer und im Nothfalle entschlossener Mann sein. Weitere Eigenschaften, die vom Heizer gefordert werden müssen, sind Pünktlichkeit, Ordnungsliebe, Reinlichkeit und Nüchternheit. Endlich muß der Heizer ein kräftiger, gesunder Mann sein, denn sein Dienst ist in jedem größeren Betrieb ein angestregter.

Unbedingt erforderlich ist bei dem Heizer gründliche Sachkenntniß, welche sich nicht auf die Bekanntschaft mit den Sicherheitsvorrichtungen und deren Handhabung beschränken darf; der Heizer muß vielmehr auch mit dem Wesen der Verbrennungsvorgänge vertraut sein; denn durch die Hand des Heizers gehen jährlich Tausende von Mark in Gestalt von Brennmaterial, von welchen er durch Berständniß und Geschicklichkeit Hunderte sparen kann.

Von der Sorgfalt, Umsicht und Kaltblütigkeit des Heizers hängen ferner oft genug die Sicherheit und das Leben seiner Mitarbeiter, sowie die Bewahrung des Eigenthumes seines Herrn vor Vernichtung ab; er haftet aber auch mit seiner Person für alle die Schäden und alles Unheil, welche durch seine Unachtsamkeit und Fahrlässigkeit herbeigeführt werden. Der Posten eines Heizers ist daher ein sehr verantwortungsvoller.

Weiter ist es Pflicht des Heizers, früh rechtzeitig in der Fabrik zu sein, damit, wenn die Glocke das Zeichen zum Beginn der Arbeit giebt, der Kessel genug Dampfdruck besitzt, die Maschine sich mit voller Kraft in Bewegung setzen kann, und nicht Hunderte von Arbeitern durch die Schuld des Heizers, der zu spät zur Fabrik kam, an der Arbeit verhindert werden und nun warten müssen.

Ein Heizer muß auch an Ordnung gewöhnt sein; jedes Stück seines Handwerkszeuges, die Mutterschlüssel, der Hammer, der Meißel u. a. m. haben einen bestimmten Platz zu erhalten, damit sie im Falle des Bedarfes sofort zur Hand sind.

Es muß ferner vom Heizer verlangt werden, daß er den Kessel, die Maschine und die Räume, in welchen dieselben aufgestellt sind, insbesondere auch die Sicherheitsvorrichtungen des Kessels stets sauber und blank hält; wer die letzteren verschmutzen läßt, ist nachlässig in der Instandhaltung und gleichgültig gegen das Zugrundegehen derselben.

Streng verpönt ist aber bei dem Heizer der Trunk; einem diesem Laster ergebene Menschen darf ein solcher verantwortungsreicher Posten niemals anvertraut werden.

Daß nur ein gelernter Schlosser sich für diesen Posten eignete, läßt sich bestreiten; für entlegene Fabriken wird es allerdings wünschenswerth sein, daß der Heizer alle kleinere Reparaturen selbst zu besorgen im Stande ist. Im Allgemeinen kann aber ein jeder andere Handwerker bei Strebbarkeit und Fassungsvermögen ein ebenso vortrefflicher Heizer werden.

Nothwendig erscheint es, daß ein Jeder, der sich dem Heizerberufe widmen will, wenigstens ein Jahr in einer größeren Anlage unter

einem tüchtigen Heizer eine gründliche Lehre durchmacht und dann eine der jetzt schon recht zahlreichen Heizerschulen besucht, um sich die zu einer zielbewußten Ausübung seines Berufes erforderlichen Kenntnisse anzueignen.

So viel über den Heizer!

Die Inbetriebsetzung eines Kessels erfordert zunächst, daß der noch leere Kessel nach dem Wasserstandglas, von dessen Wirksamkeit man sich zu überzeugen hat, bis zur Marke des tiefsten zulässigen Wasserstandes oder noch ein paar Centimeter darüber hinaus mit Wasser gefüllt wird.

Ist die Anlage mit einem neuen, gemauerten Schornstein versehen, so äußert derselbe zunächst noch keine Zugwirkung; um eine solche hervorzurufen, muß unten im Schornstein, nachdem die daselbst angebrachte Reinigungsthüre geöffnet worden ist, ein leichtes Feuer von Stroh oder Reiserholz angezündet und so lange unterhalten werden, bis die im Schornstein enthaltene kalte, feuchte und daher schwere Luft ausgetrieben ist, und der Schornstein sich mit warmen, leichten Feuergasen angefüllt hat. Nunmehr kann die Reinigungsthüre des Schornsteines geschlossen und auf dem Kofst des Kessels ein Feuer angezündet werden; sehr rasch entleeren sich jetzt auch die Züge des Kessels von kalter Luft, und der Schornstein fängt an kräftig zu ziehen.

Ist der Kessel ein eingemauerter, so wäre es indessen sehr thöricht, sofort ein lebhaftes Feuer in Gang zu setzen und mit der Dampferzeugung zu beginnen; die rasche Erhitzung würde eine lebhafteste Verdampfung des in dem feuchten Kesselmauerwerk noch enthaltenen Wassers zur Folge haben, und der hierbei gebildete Wasserdampf die Einmauerung zertreiben und rissig machen. Um dies zu verhüten, muß zunächst zwei bis drei Tage lang auf dem Kofst ein schwaches Feuer mit Holz, womöglich bei halb offen stehender Feuerthür, unterhalten werden, damit das Mauerwerk durch nur mäßig heiße Feuergase recht langsam ausgetrocknet wird; erst nachdem dies geschehen ist, darf an die Dampferzeugung gegangen und das Feuer verstärkt werden.

Wird am Manometer, dessen Verbindung mit dem Kessel natürlich offen und in Ordnung sein muß, wovon man sich ebenfalls zu überzeugen hat, bemerkbar, daß die Dampfentwicklung begonnen hat, so ist das Sicherheitsventil zu lüften und auf seine leichte Gangbarkeit zu prüfen.

Nachdem der Dampfdruck eine genügende Höhe erreicht hat, kann der Dampf seiner Verwendung zugeführt werden; es beginnt nun der regelmäßige Betrieb des Kessels.



Nunmehr ist es die Aufgabe des Heizers, die Dampferzeugung dem Dampfverbrauche entsprechend zu regeln, damit der Dampfdruck möglichst auf gleicher Höhe bleibt, zugleich aber auch darauf zu achten, daß der infolge der Verdampfung abnehmende Wasserstand nicht unter den zulässig tiefsten herabsinkt, zu welchem Zweck dem Kessel in entsprechendem Maße frisches Wasser zu zu führen ist. Der Heizer wird daher unablässig das Manometer und das Wasserstandglas des Kessels im Auge zu behalten haben.

Bezüglich des sparsamen und rauchfreien Heizens ist auf die früher aufgestellten Regeln (Seite 45) und die ertheilten Winke (Seite 85) zu verweisen, welche sorgfältig zu beachten sind.

Die Regelung des Wasserstandes, welche ebenfalls eine gewisse Geschicklichkeit und Umsicht vom Heizer erfordert, hat nach folgenden Gesichtspunkten zu erfolgen:

Im Allgemeinen wird die Speisung, welche entweder in Pausen oder ununterbrochen erfolgt, mit dem Dampfverbrauch gleichen Schritt zu halten haben.

Ist der Dampfverbrauch ein unregelmäßiger, und stockt derselbe plötzlich, so steigt infolge dessen der Druck rasch, und beginnen die Sicherheitsventile abzublasen; der Heizer muß nunmehr dem zu hohen Anwachsen des Druckes sowie dem eintretenden Dampfverlust durch Dämpfung des Zuges, Aufwerfen frischen Brennmaterials und durch längere Anstellung der Speisevorrichtung zu begegnen suchen. Das zugeführte Wasser nimmt den Ueberschuß an Wärme auf und verhindert hierdurch das weitere Steigen des Druckes. Selbstverständlich darf aber hierbei der Kessel nicht überfüllt werden; erweisen sich daher die ebenbezeichneten Mittel nicht als ausreichend, den steigenden Dampfdruck zu bemeistern, so muß schließlich die Einwirkung des Feuers auf den Kessel auch durch Öffnen der Feuer- oder der Rauchkammerthüren möglichst abgeschwächt werden.

Die Speisung, welche sich somit als ein Mittel erweist, dem unerwünschten Anwachsen des Dampfdruckes entgegen zu arbeiten, bietet aber zugleich den weiteren wichtigen Vortheil, in Betrieben mit unregelmäßigem Dampfverbrauch dem Sinken des Druckes bei vorübergehend starker Inanspruchnahme des Kessels entgegen zu wirken. Weiß der Heizer, daß zu einer gewissen Stunde der Dampfverbrauch der Fabrik ein besonders starker ist, so wird er bestrebt sein, vor jenem Zeitpunkt den Wasserstand allmählich zu erhöhen, damit der Kessel zur Zeit der stärkeren Beanspruchung reichlich mit Wasser versehen ist; braucht während dieser Zeit dem Kessel nur wenig frisches Wasser zugeführt zu werden, so wird auch der Druck eine geringere Abnahme erfahren.

Dieser Kunstgriff ist natürlich bei Kesseln, welche einen im Verhältniß zu ihrer Heizfläche erheblichen Wasserraum besitzen, mit weit größerem Erfolg durchzuführen, als bei Kesseln mit kleinem Wasserraum (Wasserröhrenkesseln); die Ausübung desselben erfordert stets eine gewisse Geschicklichkeit.

Während des regelmäßigen Betriebes hat nun der Heizer darauf zu sehen, daß alle Sicherheitsvorrichtungen des Kessels zuverlässig wirken.

Von Zeit zu Zeit, mindestens ein Mal täglich, sind die Probirhähne und die Wasserstandsgläser durchzublasen sowie die Schwimmerzeiger auf leichten Gang zu probiren. Springt eines der Glasrohre, so ist sofort ein anderes einzuziehen; es müssen daher stets eine Anzahl solcher Rohre bereit gehalten werden.

Ab und zu ist auch das Manometerrohr auszublasen; die Sicherheitsventile sind aber täglich zu lüften und auf ihre Gangbarkeit zu prüfen. Wenn das Manometer den höchsten Dampfdruck anzeigt, müssen die Sicherheitsventile abzublasen beginnen; geschieht dies nicht, so ist eine der Vorrichtungen in Unordnung, und hat der Heizer, falls er den Fehler nicht selbst beseitigen kann, hiervon dem Vorgesetzten sofort Anzeige zu machen und auf Abhilfe, nöthigenfalls auf Ersatz des schadhast gewordenen Manometers zu dringen. Niemals aber darf sich der Heizer durch Belasten des anscheinend zu früh abblasenden Sicherheitsventiles mit Gewichten oder sonstigen Gegenständen zu helfen suchen.

Täglich sind endlich auch die Speisevorrichtungen, welche für gewöhnlich nicht benutzt werden, zu probiren und auf ihre Diensttüchtigkeit zu prüfen.

Unausgesetzt hat der Heizer den Kessel zu beobachten; er soll daher nicht mit Nebenarbeiten beschäftigt werden, welche seine Aufmerksamkeit vom Kessel ablenken. So lange der letztere Dampf entwickelt, darf der Heizer seinen Posten nicht verlassen; es ist von ihm auch nicht zu dulden, daß unbefugte Personen das Kesselhaus betreten.

Die Reinigung des Kofes von Schlacken hat in regelmäßigen Zeitabschnitten, die am besten mit den Arbeitspausen zusammenfallen, zu erfolgen.

Schon einige Zeit vor Beginn der Arbeitspausen, der Mittagsstunde u. s. w., ist das Feuer zu mäßigen; der Zunahme des Druckes während der Pausen muß durch zeitweiliges Speisen entgegen gewirkt werden.

Gegen Ende der täglichen Arbeitszeit ist allmählich das Heizen einzustellen und der Kessel für den kommenden Tagesbetrieb

noch mit genügend viel Wasser zu versehen. Alsdann hat der Heizer den Kest des Brennmaterials und die Schlacken vom Koft sowie die Asche aus dem Aschenfall, wenn nöthig die letztere auch aus den Zügen und Heizröhren zu entfernen. Hierauf sind die Feuer- und Aschenfallthüren sowie der Essenschieber zu schließen, damit der Kessel und das Mauerwerk sich über Nacht nicht durch einströmende kalte Luft übermäßig abkühlen; erst dann, wenn er überzeugt ist, daß der Dampfdruck nicht mehr wesentlich steigt, darf sich der Heizer entfernen.

Das sogenannte Decken des Feuers über Nacht, welches manchen Ortes geübt wird, gewährt zwar dem Heizer eine Erleichterung seines Dienstes, ist aber zu verwerfen.

Dieses Verfahren besteht darin, daß am Schlusse der Arbeitszeit der Kest des brennenden Brennmaterials mit einer größeren Menge frischen, angefeuchteten Brennmaterials überdeckt wird, welches während der Nacht schwach fortglimmt und am nächsten Morgen nach dem Aufbrechen mit der Schürstange und dem Heben des Essenschiebers sich sofort wieder zu einem normalen Feuer entwickelt.

Gegen das Decken des Feuers läßt sich Folgendes geltend machen:

Es kann zunächst vorkommen, daß während der Nacht das Glimmen des auf dem Koft lagernden Brennmaterials doch zu lebhaft wird, und der Druck des ohne Aufsicht stehenden Kessels dann eine bedenkliche Höhe erreicht. Dann aber entwickeln sich bei dem schwachen Glimmen des Brennmaterials brennbare Gase, Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffe, welche nicht genügenden Abzug finden, sich in den Zügen ansammeln, mit Luft vermischen und alsdann sehr gefährlich sind; werden sie am nächsten Morgen durch die Flamme des angefachten Feuers entzündet, so tritt eine heftige Explosion ein, welche nicht nur die Feuerungsanlage beschädigen, sondern auch dem Kessel verderblich werden kann.

Soll während stundenlanger Pausen das Decken des Feuers doch Anwendung finden, so darf der Kessel wenigstens nicht ohne Aufsicht gelassen und auch der Essenschieber oder die Aschenfallklappe nicht völlig geschlossen werden, damit die sich entwickelnden Gase entweichen können.

Der erste Blick des Heizers am nächsten Morgen wird sich wieder auf das Manometer und das Wasserstandsglas zu richten haben; erst wenn sich der Heizer überzeugt hat, daß der Kessel genug Wasser enthält, darf er mit dem Heizen beginnen.

In gewissen Zeitabschnitten ist der regelmäßige Betrieb eines

Dampfkessels gänzlich einzustellen; diese Maßregel wird erforderlich, wenn der Kessel einer Reinigung bedarf.

Das von der Natur dargebotene Wasser ist niemals rein, sondern enthält eine Anzahl Stoffe, welche es auf seinem Laufe unter oder über der Erde aufgenommen hat; die Art und Mengen dieser Stoffe sind sehr verschieden.

Mit Säuren, z. B. Schwefelsäure, Salzsäure u. a., verunreinigtes Wasser nennt man saures Wasser; dasselbe wirkt besonders schädlich auf den Kessel ein, da die Säuren, obgleich sie meistens nur in geringen Mengen vorhanden sind, doch langsam aber sicher das Eisen des Kessels auflösen und den letzteren durchfressen. Dieser Feind ist indessen leicht unschädlich zu machen; es braucht dem Wasser vor seiner Einführung in den Kessel nur eine bestimmte Menge Natriumcarbonat oder Soda zugesetzt zu werden, so bildet die Säure mit dem Zusatz eine dem Kessel unschädliche Verbindung, welche im Wasser gelöst bleibt.

Die Verunreinigung des Wassers durch Säuren kommt glücklicherweise selten vor.

Weit öfter enthält das Wasser neben einer geringen Menge Sand und erdigen, sowie verschiedenartigen, der Pflanzen- und Thierwelt entstammenden Stoffen Salze, und zwar meistens kohlensauren Kalk, schwefelsauren Kalk (Gyps) und kohlensaure Magnesia in gelöstem Zustand; der kohlensaure Kalk und die kohlensaure Magnesia werden allerdings erst im Wasser löslich, wenn sich im letzteren freie Kohlensäure befindet, die sich ebenfalls im Wasser löst. Man nennt Wasser, welches solche Salze enthält, hartes Wasser.

Diese Beimengungen des Wassers bleiben bei der Verdampfung zurück und scheiden sich aus; sie bilden entweder Schlamm oder auch feste zusammenhängende Massen.

Scheiden sich die Beimengungen des Wassers in Form eines losen Schlammes aus, so begünstigt derselbe, wenn er sich in größeren Mengen angesammelt hat, das Schäumen des Wassers; es wird dann viel Schlamm und Wasser von dem seiner Verwendung zugeführten Dampf mit fort gerissen, was insbesondere für die Dampfmaschinen sehr schädlich ist.

Diesem Uebelstand kann leicht durch ein zeitweiliges, theilweises Ablassen des Kesselinhaltes abgeholfen werden; der Heizer hat dann nur nach Feierabend, wenn das Feuer erloschen, das Wasser des Kessels zur Ruhe gekommen und der Schlamm zu Boden gesunken ist, oder auch am Morgen vor Beginn des Heizens den Ablasshahn des Kessels zu öffnen und unter Beihilfe des im Kessel noch

herrschenden Dampfdruckes so viel Wasser aus dem Kessel strömen zu lassen, bis der Wasserspiegel um einige Centimeter gesunken ist; das entfernte Wasser nimmt einen großen Theil des Schlammes mit sich fort.

Wie oft ein solches Abblasen stattzufinden hat, hängt von der Beschaffenheit des Wassers ab; in Fabriken wird es meistens genügen, wenn dasselbe wöchentlich einmal, am Sonnabend nach Schluß der Arbeit, vorgenommen wird; bei den Schiffskesseln der Elbdampfer muß es nebenbei bemerkt täglich mehreremale während des Betriebes erfolgen

Weit unangenehmer ist die Ausscheidung der Bestandtheile des Wassers in harten, fest auf den Kesselwandungen haftenden Krusten, die wohl auch abblättern und zu großen Kuchen zusammenbacken; man nennt dieselben bekanntlich Kesselstein.

Der Kesselstein ist ein schlechter Wärmeleiter; er hemmt den Uebergang der Wärme an das Kesselwasser und schmälert die Dampferzeugung. Starke Kesselsteinkrusten sind aber nicht nur der Ausnutzung der in den Heizgasen aufgespeicherten Wärme hinderlich, sondern geben unter Umständen auch zu Beschädigungen des Kessels Anlaß; sie heben die Berührung zwischen Wasser und Kessel ganz auf, sodas die nunmehr glühend werdenden Kesselbleche verbrennen und schließlich aufreißen.

Der Kessel muß daher von Zeit zu Zeit geöffnet und vom Kesselstein, welcher höchstens eine Stärke von 5 mm erreichen soll, befreit werden, was in der Regel eine recht mühsame, zeit- und geldraubende Arbeit ist.

Es hat nicht an Vorschlägen gefehlt, welche den Kesselstein bekämpfen; sie verfolgen dieses Ziel in der verschiedensten Weise.

So wurden bei Kesseln mit Unterfeuerungen muldenförmige Tröge, welche aus dünnem Blech hergestellt waren und sich über die vordere Kesselhälfte erstreckten, eingehängt. Diese Tröge hatten von der Kesselwand etwa 5 cm Abstand, reichten mit ihrem oberen Rande nicht ganz bis zum Wasserspiegel hinauf und waren oben offen.

Zwischen dem Trog und der Kesselwandung stellte sich im Betrieb ein lebhafter Wasserumlauf ein, da das mit Dampf vermischte leichtere Wasser rasch emporstieg und Wasser vom hinteren Ende des Kessels nachzog; hierbei wurde aber auch der im Kessel befindliche Schlamm mit emporgehoben und über den Rand des Troges hinweg in den letzteren gespült, wo er sich in größeren Mengen ansammelte.

Da der Anfaß von Kesselstein doch nicht zu vermeiden, die Handhabung der Tröge aber recht unbequem war, und der Schlamm

in mindestens eben so bequemer und sicherer Weise durch Abblasen entfernt werden kann, so finden diese Tröge heutigen Tages nirgends mehr Anwendung.

Einen gewissen Werth haben bereits Hilfsmittel, welche die Entfernung des Kesselsteines erleichtern, zu welchem Zwecke die Kesselwandungen innerlich nach der Reinigung mit einem geeigneten Anstrich versehen werden.

So streicht man häufig die Kessel, welche aber hierbei noch warm sein müssen, dünn mit heißem Theer aus; dieser Anstrich muß natürlich, ehe der Kessel wieder in Betrieb gesetzt wird, vollständig hart und fest geworden sein, damit der Theer nicht aufschwimmt und die Sicherheitsvorrichtungen des Kessels verschmiert und verstopft. Andere bedienen sich einer Mischung von Graphit und Talg, welche im Handel wohl auch unter dem Namen Diamantfarbe bekannt ist.

Alle diese Anstriche machen die Kesselwand glatt und verhindern das feste Ansetzen des Kesselsteines, welcher beim Reinigen des Kessels durch Schläge mit einem stumpfen Hammer in Schalen losblättert.

Bringt man ferner in den Kessel Stoffe, welche die Kesselwand schlüpfrig machen und den Schlamm einhüllen, so wird ebenfalls das feste Anbrennen des Kesselsteines und zugleich das Zusammenbacken desselben bis zu einem gewissen Grade verhindert; als solche Mittel finden Kartoffeln, Gerberlohe, auch Katechu (gerbstoffhaltiger Extrakt überseeischer Hölzer) Verwendung; ihr Nutzen ist ein mäßiger; sie verschmieren auch die Sicherheitsvorrichtungen des Kessels.

Häufig werden auch den Fabrikbesitzern geheimnißvolle Kesselsteinmittel angeboten, die nach den Anpreisungen ihrer Verkäufer Wunderbares leisten sollen.

Helfen sie wirklich etwas, so verdanken sie ihre Wirkung entweder dem Zusatz eines der eben genannten Stoffe oder dem Gehalt an Chemikalien, welche das Wasser zu reinigen vermögen und weiterhin zu besprechen sind; doch sind dies noch die harmlosesten ihrer Art, obgleich sie in der Regel mit dem 10, ja 20fachen ihres Werthes bezahlt werden müssen. Weit schlimmer erweisen sich diejenigen, welche schädlich wirken, und deren werden leider auch eine Anzahl zum Kauf empfohlen; oft genug hat man in solchen Mitteln den Schlamm und Kesselstein vermehrende Stoffe, ja sogar Säuren vorgefunden, welche letzteren zwar den Kesselstein zugleich aber auch das Eisen aufzulösen vermögen und demnach zerstörend auf den Kessel einwirken.

Es kann daher nicht eindringlich genug vor dem Ankauf und der Verwendung solcher Kesselsteinmittel gewarnt werden.

Der Kesselstein wird am wirksamsten bekämpft, wenn die Beimengungen des Wassers in lauter lösliche und losen Schlamm bildende Körper verwandelt werden; hierzu bedarf es aber des Zusatzes gewisser chemischer Stoffe.

Der kohlensaure Kalk und die kohlensaure Magnesia werden bereits unlöslich gemacht und setzen sich als Schlamm zu Boden, wenn die freie, im Wasser gelöste Kohlensäure, welche sich nur in kaltem Wasser zu lösen vermag, entfernt wird. Hierzu ist es nur nothwendig, das zu reinigende Wasser etwa bis auf  $60^{\circ}$  C zu erwärmen. Das gleiche Ziel wird auch erreicht, wenn man dem Wasser Kalk oder Natron zusetzt, welche sich mit der freien Kohlensäure verbinden, worauf die kohlensauren Salze des Kalkes und der Magnesia ausfallen; die Wirkung wird eine vollkommnere, wenn man auch hier das zu reinigende Wasser erwärmt.

Der schwefelsaure Kalk oder Gyps läßt sich durch den Zusatz von Soda (kohlensaurem Natron) in lösliches, schwefelsaures Natron (Glaubersalz) und unlöslichen kohlensauren Kalk umwandeln.

Ein Haupterforderniß ist es nun, daß die Reinigungsmittel in richtigen Mengen angewendet werden, denn ein zu großer Zusatz von Kalk vermehrt nur den Schlamm; es muß daher ein Chemiker zu Rathe gezogen werden, der nach einer Untersuchung des zur Verwendung kommenden Wassers leicht angeben kann, in welchem Verhältniß die Chemikalien zugesetzt werden müssen.

Die Reinigung des Wassers wird im Dampfkesselbetrieb in verschiedener Weise durchgeführt:

Das Einfachste ist es offenbar, die erforderliche Menge der Reinigungsmittel durch das Mannloch, vermittelt der Speisevorrichtungen oder auf eine sonstige Weise in den Kessel zu bringen; der gebildete Schlamm und die im Kesselwasser gelösten Salze müssen dann durch öfteres Abblasen des Kessels entfernt werden.

Zur Entfernung des Schlammes eignet sich die Dervaux'sche (sprich Derwoh) Vorrichtung vortrefflich, deren Anfertigung H. Meisert in Köln übertragen ist.

Bei derselben steigt beständig das Kesselwasser vom tiefsten Punkte des Kessels nach einem außerhalb des letzteren aufgestellten, geschlossenen Gefäß empor, scheidet dort den Schlamm ab und kehrt in den Kessel zurück; eine Vorrichtung, welche das zurückfließende Wasser abkühlt, so daß es schwerer wird, als das aufsteigende, veranlaßt die selbstthätige Bewegung der Wassermassen;

der im Gefäß gesammelte Schlamm wird mittelst eines Abflaßhahnes entfernt.

Zweifellos ist es am zweckmäßigsten, das Wasser vor seiner Verwendung zu reinigen und den sich bei der Reinigung bildenden Schlamm vom Kessel ganz fern zu halten.

Eine derartige Reinigung des Wassers kann in Bottichen oder Gefäßen vorgenommen werden, in welchen dasselbe zugleich durch eingeleiteten Dampf etwas erwärmt wird. Solcher Bottiche müssen natürlich mehrere vorhanden sein, da der gebildete Schlamm nur langsam zu Boden sinkt, und das reine Wasser erst nach einigen Stunden abgezogen und verwendet werden kann; leider wird aber hierdurch für die Reinigungseinrichtung ein recht beträchtlicher Raum erforderlich.

Eine gedrängtere Form erhalten Einrichtungen, in welchen die Reinigung des Wassers ununterbrochen erfolgt; es sollen hier nur die gebräuchlichsten derselben erwähnt werden.

Bei dem Verfahren von Béranger & Stingl\*) in Wien kommen als Reinigungsmittel Kalkwasser und Natriumcarbonat zur Anwendung; Soda wird nicht zugesetzt, weil sich dieselbe aus der Kohlensäure des Wassers und dem Natriumcarbonat von selbst bildet, das Natriumcarbonat aber die Reinigung des Wassers außerordentlich beschleunigt. Die Zuführung des Wassers und der Reinigungsmittel erfolgt ununterbrochen; der entstehende Schlamm setzt sich in cylindrischen Gefäßen, in welchen das mit den Chemikalien versetzte Wasser langsam emporsteigt, ab und kann durch Hähne abgelassen werden.

Bei dem Verfahren von A. L. G. Dehne in Halle wird das zu reinigende Wasser durch den Abdampf der Maschine oder auch durch frischen Kesseldampf auf 70 bis 80° C erhitzt; als Reinigungsmittel dienen Natriumcarbonat und Soda. Ein Theil des gebildeten Schlammes wird bereits in dem Mischgefäß, der Rest mit Hilfe von Filterpressen, durch welche das mit den Chemikalien versetzte Wasser gedrückt wird, ausgeschieden.

Es ist endlich der Einrichtung zu gedenken, welche die Maschinenbauanstalt Humboldt in Kalk ausführt. Bei derselben finden Kalkwasser und Soda als Reinigungsmittel Verwendung.

\*) Nach dem Béranger und Stingl'schen Verfahren werden in Leipzig für die Lokomotiven der Staatseisenbahnen jährlich 42000 Kubikmeter Wasser gereinigt; obgleich die Unkosten für einen Kubikmeter 8¼ Pfennige betragen, sind doch bedeutende Ersparnisse durch die sich weniger oft nothwendig machende Reinigung und die verminderte Reparaturbedürftigkeit der Lokomotiven erzielt worden.



Der sich bildende Schlamm wird in einer von dem Franzosen Gaillet erfundenen Vorrichtung abgeschieden, welche aus einem rechteckigen Behälter mit zahlreichen geneigt liegenden Scheidewänden besteht; die Scheidewände veranlassen das Wasser, eine abwechselnd schräg ansteigende und wieder abfallende Bewegung anzunehmen; der Schlamm setzt sich unten ab und kann durch Hähne abgezogen werden.

Die beschriebenen Einrichtungen haben sich vortrefflich bewährt; freilich sind dieselben auch recht kostspielig.

Ist es an der Zeit, einen Dampfkessel der Reinigung zu unterwerfen, so muß zunächst der Kessel durch Abblasen entleert werden; hiermit warte man bis nach Feierabend oder auch noch einen Tag nach dem Erlöschen des Feuers und öffne erst den Abblashahn, wenn das Mauerwerk der Züge durch längere Zeit hindurchströmende Luft genügend abgekühlt ist, und der Druck höchstens noch eine Atmosphäre Ueberdruck beträgt.

Hat sich der Kessel entleert, so lasse man ihn einige Zeit stehen und sich noch weiter abkühlen, ehe man daran geht, ihn mit kaltem Wasser auszuspülen und vom Schlamm zu befreien. Das heiße Mauerwerk eingemauerter Kessel hält den letzteren nach der Betriebs-einstellung oft recht lange noch warm; die Abschreckung des Kessels mit kaltem Wasser führt aber leicht Undichtheiten der Nähte herbei.

Soll nunmehr an die Reinigung des Kessels gegangen werden, so muß derselbe der Sicherheit der in demselben Beschäftigten wegen gegen die etwa vorhandenen, im Betrieb befindlichen Nachbarkessel durch sogenannte Blindflanschen, d. h. zwischen die Flanschen der Dampfrohre und Speiserohre eingeschobene volle Blechscheiben von etwa 5 mm Stärke sicher abgesperrt werden.

Der im Kessel zurückgebliebene Schlamm wird abgekratzt und zusammen gefehrt, der harte Kesselstein aber mit meiselartigen Hämmern entfernt, in deren Handhabung eine gewisse Vorsicht zu üben ist, damit die Bleche und Nieten des Kessels durch scharfe Meiselhiebe nicht beschädigt werden. Weiter ist der Kessel von dem äußerlich angesetzten Ruß zu befreien, und muß aus den Zügen die angesammelte Flugasche entfernt werden.

Bei der Reinigung des Kessels hat nun auch der Heizer den Kessel einschließlich seiner Einmauerung aufs Gewissenhafteste zu untersuchen.

Innerlich machen sich zuweilen das Fehlen von Nieten, an den Kesselwandungen grubenartige Auszehrungen, Beulen oder Risse bemerkbar; oder das Blech ist durchweg dünn geworden, wovon man

sich allerdings erst genau überzeugen kann, wenn man dasselbe anbohrt.

Außerlich zeigen sich oft Risse im Blech, insbesondere an den Feuerplatten solche, welche von Nietloch zu Nietloch laufen, ferner Beulen, die von Abschieferungen sogenannter unganzer Stellen im Blech herrühren, endlich Abzehrungen der Bleche an den Stellen, wo der Kessel im Mauerwerk liegt, welches zuweilen feucht ist; um den Kessel hier besichtigen zu können, müssen einige Ziegel herausgezogen werden.

Jeden Schaden, welchen der Heizer entdeckt, hat er dem Kesselbesitzer zu melden, damit der Kesselschmied gerufen wird, der den Mangel beseitigt. Kleinere Flicker werden, nebenbei bemerkt, besser von innen aufgesetzt als von außen, da dann der Dampfdruck das Dichthalten des Flickens unterstützt; unbedingt zu verwerfen sind von außen auf den Kessel geschraubte Flicker.

Weiterhin sind auch einzelne herabgefallene Ziegel, insbesondere aber eingestürzte Stellen der Seitenzüge und ausgebrannte Stellen der Feuerung vom Maurer zu ersetzen, beziehungsweise auszubessern; im Mauerwerk entstandene Risse müssen gut verschmiert werden.

Endlich sind bei dieser Gelegenheit auch alle Dichtungen der Sicherheitsvorrichtungen nachzusehen und nöthigenfalls zu erneuern, sowie undichte Hähne und Ventile nachzuschleifen; erst nach allen diesen Arbeiten kann der Betrieb des Kessels wieder beginnen.

Soll der Betrieb eines Kessels Monate lang unterbrochen werden, so reinige man ihn gründlich und lasse ihn leer mit offenem Mannloch stehen.

Wenn die Unterbrechung des Betriebes Jahre andauert, so streiche man den Kessel auch innerlich mit Theer aus; mit Wasser gefüllte Kessel werden stark vom Roste zerfressen.

Wenn bisher immer nur von den Obliegenheiten des Heizers gesprochen wurde, so ist endlich darauf hinzuweisen, daß auch dem Kesselbesitzer Verpflichtungen erwachsen.

Der Kesselbesitzer hat darauf zu achten, daß seine Anlage nur geeigneten und gewissenhaften Leuten übergeben ist, welche ihre Pflicht voll erfüllen; er hat ferner dafür zu sorgen, daß sich der Kessel nebst seinen Sicherheitsvorrichtungen stets in gutem Zustande befinden, Mängeln irgend welcher Art aber sofort abgeholfen wird.

Daß aber sowohl Heizer, wie Kesselbesitzer ihren Pflichten nachgehen, darüber haben die Aufsichtsbeamten (Gewerbeinspektoren und Revisionsingenieure) zu wachen, zu welchem Zwecke von denselben

jede Kesselanlage alljährlich wenigstens einmal äußerlich, nach Erforderniß aber auch innerlich zu untersuchen ist.

Im regelmäßigen Betrieb eines Dampfkessels kann nun zuweilen ganz gegen den Willen der Betheiligten eine plötzliche Unterbrechung eintreten, ja derselbe kann sogar für immer seinen Abschluß finden.

Entstehen an einem im Betrieb befindlichen Dampfkessel an irgend einer Verschraubung oder Verbindung Undichtheiten oder in den Wandungen irgend welche Oeffnungen, und fällt infolge von Wasserverlusten der Wasserspiegel im Glas, so muß der Heizer zunächst durch verstärktes Speisen den Wasserstand des Kessels zu halten suchen. Gelingt ihm dies nicht, oder kommen die Speisevorrichtungen derart in Unordnung, daß der Wasserstand rasch unter den zulässig tiefsten herabsinkt, und weiß der Heizer schließlich gar nicht mehr, wie weit sich der Kessel bereits entleert hat, so ist Gefahr im Verzuge.

Es muß jetzt befürchtet werden, daß bereits Kesselwandungen, wie die Obertheile der Flammenrohre und die Decken der Feuerbüchsen vom Wasser entblößt und glühend geworden sind, in welchem Zustand dieselben aber dem Dampfdruck nicht mehr genügend Widerstand zu leisten vermögen. Dann steht aber auch eine Zerstörung des Kessels durch den Dampfdruck jeden Augenblick zu erwarten.

Vergeblich wäre der Versuch, auch jetzt noch dem zu tief gesunkenen Wasserstand durch eine mit allen Kräften eingeleitete Speisung abhelfen zu wollen; hebt sich wirklich der Wasserstand, so werden nur infolge der Berührung des Wassers mit den schon glühenden Kesselwandungen Dampfmen gen erzeugt, die den Druck und die Gefahr erhöhen.

Geradezu pflichtvergessen aber handelte der Heizer, wenn derselbe, um nur das eigene Leben in Sicherheit zu bringen, kopflos davon eilen wollte, denn eine Explosion des Kessels wäre dann die unausbleibliche Folge.

In einem solchen Falle muß der Heizer vor Allem kaltes Blut bewahren; er hat zunächst sofort das Feuer von den Kasten zu entfernen und hierauf eine allmähliche Abnahme des Druckes anzustreben. Zu diesem Zwecke sind die Feuerthüren und der Essenschieber weit zu öffnen, damit ein durch die Züge streichender Luftstrom den Kessel abkühlt. Ferner ist es gut, die Dampfmaschine ruhig weiter laufen zu lassen und auch das Sicherheitsventil des Kessels langsam zu öffnen, damit der im Kessel enthaltene Dampf möglichst bald entfernt wird.

Hierbei halte sich indessen der Heizer nicht länger, wie nöthig, vor den Feuerthüren und den Stirnwänden des Kessels auf; denn

tritt doch noch ein Ereigniß ein, reißt die Feuerplatte auf, oder wird das Flammenrohr zusammengedrückt, so werden häufig genug an jenem Orte befindliche Personen durch die aus der Feuerthüre geschleuderten Trümmer und siedendes Wasser verletzt oder getödtet.

Erst nachdem der Heizer die vorgenannten Maßregeln getroffen hat, darf er endlich an seine eigene Sicherheit denken und die Nähe des Kessels verlassen.

Ist Alles gut abgelaufen, so darf der Kessel doch keineswegs sofort wieder in Betrieb gesetzt werden; der Heizer hat sich zunächst zu überzeugen, ob der Kessel nicht Schaden gelitten hat.

Oft sind die Nähte des Kessels oder die Heizröhren undicht geworden, was sich entweder sofort zeigt, oder wenn der entleerte Kessel, dessen vollständige Abkühlung aber abzuwarten ist, wieder gefüllt wird. Dann muß natürlich der Kesselschmied herbeigeholt werden, der die undichten Stellen beseitigt und nach dieser Arbeit eine Wasserdruckprobe vornimmt, um sich von dem Erfolg seiner Arbeit zu überzeugen.

Zeigen sich dagegen an den Kesselwandungen Ausbiegungen, Beulen oder Risse, so sind die beschädigten Theile vom Kesselschmied zu entfernen und durch neue zu ersetzen; gleichzeitig ist dem Aufsichtsbeamten (dem Gewerbeinspektor zc.) eine Anzeige zu erstatten. Erst wenn von dieser Seite die weitere Benutzung des Kessels für statthaft erklärt worden ist, oder die für erforderlich erachtete amtliche Druckprobe stattgefunden hat, darf der Kessel wieder angeheizt werden.

Ein plötzliches, oft von den furchtbarsten Folgen begleitetes Ende des Betriebes tritt ein, wenn der Kessel durch den Dampfdruck zertrümmert wird, wenn er explodirt.

Es wird die letzte Aufgabe dieses Buches sein, die Ursachen solcher Ereignisse zu erörtern, um Winke für deren Verhütung zu gewinnen.

Ein Kessel wird dem Dampfdruck nicht genügenden Widerstand zu leisten vermögen, wenn er zu schwache Wandungen besitzt und fehlerhaft gebaut ist, insbesondere wenn diejenigen Theile, die der Dampfdruck in ihrer Form zu ändern sucht, wie die ebenen Böden, Flammenrohre, Feuerbüchsen, Feuerkisten u. a. nicht genügend versteift und verankert sind.

Fehler dieser Art kommen ziemlich selten vor; auch werden dieselben zumeist schon bei der vor der Benutzung des Kessels gesetzlich vorgeschriebenen und seitens der hierzu bestellten Beamten gewissenhaft durchgeführten Wasserdruckprobe entdeckt, so daß der Kessel entweder gar nicht oder doch nur mit einem Druck in Betrieb gesetzt werden darf, welchem er mit Sicherheit gewachsen ist.

Ein Dampfkessel wird ferner dem Dampfdruck nicht gewachsen sein, wenn sein Material ein schlechtes ist.

Wenn nicht Theile der Kesselbleche vor ihrer Verwendung auf ihre Festigkeit und Güte geprüft worden sind, lassen sich derartige Mängel allerdings weniger leicht entdecken; doch darf wohl behauptet werden, daß die Kesselfabriken, welche sich ja für die Folgen einer Explosion unter Umständen vor dem Strafrichter zu verantworten haben, ausnahmslos bemüht sind, zu den Kesseln nur gute Bleche zu verwenden.

Zu schwache oder fehlerhafte Bauart und schlechtes Material werden daher nicht oft die Ursachen einer Explosion sein.

Eine große Anzahl von Kesselerplosionen hat ihre Ursache in Wassermangel; von Wasser entblößte, glühende Kesselwandungen verlieren ihre Widerstandsfähigkeit und werden leicht vom Dampfdruck zerstört.

Wassermangel tritt ein, wenn der Heizer entweder die Speisung unterlassen oder die Wasserstandszeiger nicht in Ordnung gehalten hat, welche mehr Wasser anzeigen, als im Kessel vorhanden ist, oder wenn sich der Kessel während des Betriebes infolge irgend eines Umstandes entleert.

Es leuchtet ein, daß fast ohne Ausnahme dem Heizer, der bei größerer Sorgfalt den Kessel nicht in eine so gefährliche Lage gebracht hätte, oder der mit Umsicht und Entschlossenheit der Gefahr entgegenzutreten mußte (vergleiche Seite 251), die Schuld der erfolgenden Explosion zuzuschreiben ist.

Auch durch zu hohen, das zulässige Maß überschreitenden Dampfdruck werden eine Anzahl Kesselerplosionen verursacht.

Entweder hat dann der Heizer den zu hohen Dampfdruck absichtlich durch Belastung der Sicherheitsventile herbeigeführt, oder der letztere hat sich unbemerkt eingestellt, da der nachlässige Heizer nichts davon wußte, daß das Manometer falsch zeigte und das Sicherheitsventil nicht wirksam war.

Auch solche Explosionen müssen als lediglich vom Heizer verschuldete angesehen werden.

Eine erhebliche Anzahl von Kesselerplosionen tritt ferner ein, wenn der Kessel abgenutzt, in seinen Blechen stellenweise oder durchgängig geschwächt und daher nicht widerstandsfähig genug ist.

Gerade über diesen Punkt soll sich ja aber der Heizer bei der jedesmaligen Reinigung des Kessels gründlich unterrichten; auch ist der Heizer verpflichtet, Wahrnehmungen dieser Art zur Kenntniß des

Kesselbesizers und der Aufsichtsbeamten zu bringen, welche schon dafür sorgen werden, daß Abhilfe erfolgt.

Es müssen somit auch die auf diese Weise veranlaßten Explosionen auf die Schuldliste des Heizers geschrieben werden.

Die unterlassene Reinigung eines Kessels kann ebenfalls zu einer Explosion führen.

Setzen sich auf den Feuerplatten dicke Kuchen von Kesselstein fest, so wird darunter das Blech glühend und reißt schließlich auf; oder jene Kuchen springen plötzlich los, und es stürzt sich das Wasser auf die glühenden Platten, welche durch die rasche Abkühlung leicht Schaden leiden und Risse erhalten.

Auch in diesen Fällen muß dem Heizer, der den Kessel gar nicht oder nicht oft und gründlich genug reinigte, die Schuld an der Explosion zugesprochen werden.

Endlich kann der Kessel explodiren durch den Stoß, welchen er durch die Explosion eines Nachbarkessels oder durch die Explosion eines Gemisches von brennbaren Gasen und Luft, welches sich in den Zügen angesammelt hat (vergleiche Seite 243), erleidet.

Auch in diesen Fällen wird zumeist den Heizer die Schuld treffen.

Nach den amtlichen Ermittlungen ereigneten sich in den Jahren 1877 bis 1887, also in 11 Jahren, im Deutschen Reiche 168 Explosionen von Dampfkesseln, durch welche 177 Personen getödtet, 97 schwer und 244 leicht verwundet, insgesammt also 518 Personen verletzt wurden.\*)

Die Ursachen dieser Explosionen waren:

- in 29 Fällen mangelhafte Bauart;
- „ 9 „ schlechtes oder abgenutztes Material;
- „ 48 „ Wassermangel;
- „ 19 „ zu hoher Dampfdruck;
- „ 49 „ geschwächte Bleche;
- „ 7 „ mangelhafte Wartung;
- „ 6 „ Kesselstein (unterlassene Reinigung);
- „ 2 „ Explosion eines Nachbarkessels;
- „ 1 Fall Explosion von Gasen;
- „ 1 „ nicht zu ermitteln gewesene Ursache.

\*) Die furchtbarste Explosion fand auf dem Eisenwerke „Friedenshütte“ in Oberschlesien in der Nacht vom 24. zum 25. Juli 1887 statt, bei welcher in weniger als einer Minute 22 Kessel zertrümmert wurden, 12 Personen den Tod fanden, weitere 5 schwer und 30 leicht verletzt wurden.

Ist demnach in höchstens 38 Fällen die Schuld der Explosion dem Erbauer des Kessels beizumessen, so trifft dieselbe doch bei dem weitaus größten Theil — 126 beziehentlich 129 Fälle — den Heizer.

Hieraus folgt die Lehre, daß man, um vor einer Explosion möglichst sicher zu sein, sich bei der Beschaffung eines Kessels nur an eine gute, bewährte Kesselfabrik wenden soll, vor Allem aber mit der Bedienung des Kessels nur zuverlässige, verständige und gewissenhafte Heizer betrauen darf.

Es ist endlich zu bemerken, daß der Kesselbesitzer oder dessen Vertreter im Falle einer Explosion sofort die Polizeibehörde und den Gewerbeinspektor in Kenntniß zu setzen hat, Aenderungen in dem Zustande des explodirten Kessels aber, insofern nicht die Rettung oder Bewahrung von Menschenleben oder die Offenhaltung des Verkehrs einer Eisenbahn oder eines öffentlichen Weges dies fordern, vor Beendigung der behördlichen Erörterungen nicht vornehmen lassen darf.

## Behrter Abschnitt.

### **Bekanntmachung,**

betreffend allgemeine polizeiliche Bestimmungen  
über die Anlegung von Dampfkesseln.

Vom 5. August 1890.

Auf Grund der Bestimmung im § 24 der Gewerbeordnung  
hat der Bundesrath nachstehende

**Allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung  
von Dampfkesseln**

erlassen.

### I. Bau der Dampfkessel.

§ 1. Die vom Feuer berührten Wandungen der Dampfkessel, der Feuerröhren und der Siederöhren dürfen nicht aus Gußeisen hergestellt werden, sofern deren lichte Weite bei cylindrischer Gestalt fünfundzwanzig Centimeter, bei Kugelgestalt dreißig Centimeter übersteigt.

Die Verwendung von Messingblech ist nur für Feuerröhren, deren lichte Weite zehn Centimeter nicht übersteigt, gestattet.

§ 2. Die um oder durch einen Dampfkessel gehenden Feuerzüge müssen an ihrer höchsten Stelle in einem Abstand von mindestens zehn Centimeter unter dem festgesetzten niedrigsten Wasserspiegel des Kessels liegen. Dieser Minimalabstand muß für Kessel auf Fluß- und Landseeschiffen bei einem Neigungswinkel der Schiffsbreite gegen die Horizontalebene von vier Grad, für Kessel auf Seeschiffen bei einem Neigungswinkel von acht Grad noch gewahrt sein.

Diese Bestimmungen finden keine Anwendung auf Dampfkessel, welche aus Siederöhren von weniger als zehn Centimeter Weite bestehen, sowie auf solche Feuerzüge, in welchen ein Erglühen des mit dem Dampfraum in Berührung stehenden Theiles der Wandungen nicht zu befürchten ist. Die Gefahr des Erglühens ist in der Regel



als ausgeschlossen zu betrachten, wenn die vom Wasser bespülte Kesselfläche, welche von dem Feuer vor Erreichung der vom Dampf bespülten Kesselfläche bestrichen wird, bei natürlichem Luftzug mindestens zwanzigmal, bei künstlichem Luftzug mindestens vierzigmal so groß ist, als die Fläche des Feuerrostes.

## II. Ausrüstung der Dampfkessel.

§ 3. An jedem Dampfkessel muß ein Speiseventil angebracht sein, welches bei Abstellung der Speisevorrichtung durch den Druck des Kesselwassers geschlossen wird.

§ 4. Jeder Dampfkessel muß mit zwei zuverlässigen Vorrichtungen zur Speisung versehen sein, welche nicht von derselben Betriebsvorrichtung abhängig sind, und von denen jede für sich im Stande ist, dem Kessel die zur Speisung erforderliche Wassermenge zuzuführen. Mehrere zu einem Betriebe vereinigte Dampfkessel werden hierbei als ein Kessel angesehen.

§ 5. Jeder Dampfkessel muß mit einem Wasserstandsglase und mit einer zweiten geeigneten Vorrichtung zur Erkennung seines Wasserstandes versehen sein. Jede dieser Vorrichtungen muß eine gesonderte Verbindung mit dem Innern des Kessels haben, es sei denn, daß die gemeinschaftliche Verbindung durch ein Rohr von mindestens sechszig Quadratcentimeter lichtem Querschnitt hergestellt ist.

§ 6. Werden Probirhähne zur Anwendung gebracht, so ist der unterste derselben in der Ebene des festgesetzten niedrigsten Wasserstandes anzubringen. Alle Probirhähne müssen so eingerichtet sein, daß man behufs Entfernung von Kesselstein in gerader Richtung hindurchstoßen kann.

§ 7. Der für den Dampfkessel festgesetzte niedrigste Wasserstand ist an dem Wasserstandsglase, sowie an der Kesselwandung oder dem Kesselmauerwerk durch eine in die Augen fallende Marke zu bezeichnen.

An der Außenwand jedes Dampfschiffskessels ist die Lage der höchsten Feuerzüge nach der Richtung der Schiffsbreite in leicht erkennbarer, dauerhafter Weise kenntlich zu machen; ferner sind an derselben zwei Wasserstandsgläser in einer zur Längsrichtung des Schiffes normalen Ebene, in gleicher Höhe symmetrisch zur Kesselmitte und möglichst weit von ihr nach rechts und links abgehend anzubringen. Durch das hierdurch bei Dampfschiffskesseln geforderte zweite Wasserstandsglas wird die im § 5 angeordnete zweite Vorrichtung zur Erkennung des Wasserstandes nicht entbehrlich gemacht.

§ 8. Jeder Dampfkessel muß mit wenigstens einem zuverlässigen Sicherheitsventil versehen sein.

Wenn mehrere Kessel einen gemeinsamen Dampfsammler haben, von welchem sie nicht einzeln abgesperrt werden können, so genügen für dieselben zwei Sicherheitsventile.

Dampfschiffs-, Lokomobil- und Lokomotivkessel müssen immer mindestens zwei Sicherheitsventile haben. Bei Dampfschiffskesseln, mit Ausschluß derjenigen auf Seeschiffen, ist dem einen Ventil eine solche Stellung zu geben, daß die vorgeschriebene Belastung vom Berdeck aus mit Leichtigkeit untersucht werden kann.

Die Sicherheitsventile müssen jederzeit gelüftet werden können. Sie sind höchstens so zu belasten, daß sie bei Eintritt der für den Kessel festgesetzten Dampfspannung den Dampf entweichen lassen.

§ 9. An jedem Dampfkessel muß ein zuverlässiges Manometer angebracht sein, an welchem die festgesetzte höchste Dampfspannung durch eine in die Augen fallende Marke zu bezeichnen ist.

An Dampfschiffskesseln müssen zwei dergleichen Manometer angebracht werden, von denen sich das eine im Gesichtskreise des Kesselwärters, das andere mit Ausnahme der Seeschiffe auf dem Berdeck an einer für die Beobachtung bequemen Stelle befindet. Sind auf einem Dampfschiffe mehrere Kessel vorhanden, deren Dampf Räume mit einander in Verbindung stehen, so genügt es, wenn außer den an den einzelnen Kesseln befindlichen Manometern auf dem Berdeck ein Manometer angebracht ist.

§ 10. An jedem Dampfkessel muß die festgesetzte höchste Dampfspannung, der Name des Fabrikanten, die laufende Fabriknummer und das Jahr der Anfertigung, bei Dampfschiffskesseln außerdem die Maßziffer des festgesetzten niedrigsten Wasserstandes auf eine leicht erkennbare und dauerhafte Weise angegeben sein.

Diese Angaben sind auf einem metallenen Schilde (Fabrik Schild) anzubringen, welches mit Kupfernieten so am Kessel befestigt ist, daß es auch nach der Ummantelung oder Einmauerung des letzteren sichtbar bleibt.

### III. Prüfung der Dampfkessel.

§ 11. Jeder neu aufzustellende Dampfkessel muß nach seiner letzten Zusammensetzung vor der Einmauerung oder Ummantelung unter Verschuß sämtlicher Oeffnungen mit Wasserdruck geprüft werden.

Die Prüfung erfolgt bei Dampfkesseln, welche für eine Dampfspannung von nicht mehr als fünf Atmosphären Ueberdruck bestimmt sind, mit dem zweifachen Betrage des beabsichtigten Ueberdruckes, bei allen übrigen Dampfkesseln mit einem Druck, welcher den beabsichtigten Ueberdruck um fünf Atmosphären übersteigt. Unter

Atmosphärendruck wird ein Druck von einem Kilogramm auf das Quadratcentimeter verstanden.

Die Kesselwandungen müssen dem Probedruck widerstehen, ohne eine bleibende Veränderung ihrer Form zu zeigen und ohne undicht zu werden. Sie sind für undicht zu erachten, wenn das Wasser bei dem höchsten Druck in anderer Form als der von Nebel oder feinen Perlen durch die Fugen dringt.

Nachdem die Prüfung mit befriedigendem Erfolge stattgefunden hat, sind von dem Beamten oder staatlich ermächtigten Sachverständigen, welcher dieselbe vorgenommen hat, die Niete, mit welchen das Fabrikchild am Kessel befestigt ist (§ 10), mit einem Stempel zu versehen. Dieser ist in der über die Prüfung aufzunehmenden Verhandlung (Prüfungszeugniß) zum Abdruck zu bringen.

§ 12. Wenn Dampfkessel eine Ausbesserung in der Kesselwerkfabrik erfahren haben, oder wenn sie behufs der Ausbesserung an der Betriebsstätte ganz bloß gelegt worden sind, so müssen sie in gleicher Weise wie neu aufzustellende Kessel der Prüfung mittelst Wasserdruckes unterworfen werden.

Wenn bei Kesseln mit innerem Feuerrohr ein solches Rohr und bei den nach Art der Lokomotivkessel gebauten Kesseln die Feuerbüchse behufs Ausbesserung oder Erneuerung herausgenommen, oder wenn bei cylindrischen und Siedekesseln eine oder mehrere Platten neu eingezogen werden, so ist nach der Ausbesserung oder Erneuerung ebenfalls die Prüfung mittelst Wasserdruckes vorzunehmen. Der völligen Bloßlegung des Kessels bedarf es hier nicht.

§ 13. Der bei der Prüfung ausgeübte Druck darf nur durch ein genügend hohes offenes Quecksilbermanometer oder durch das von dem prüfenden Beamten geführte amtliche Manometer festgestellt werden.

An jedem Dampfkessel muß sich eine Einrichtung befinden, welche dem prüfenden Beamten die Anbringung des amtlichen Manometers gestattet.

#### IV. Aufstellung der Dampfkessel.

§ 14. Dampfkessel, welche für mehr als sechs Atmosphären Ueberdruck bestimmt sind, und solche, bei welchen das Produkt aus der feuerberührten Fläche in Quadratmetern und der Dampfspannung in Atmosphären Ueberdruck mehr als dreißig beträgt, dürfen unter Räumen, in welchen Menschen sich aufzuhalten pflegen, nicht aufgestellt werden. Innerhalb solcher Räume ist ihre Aufstellung unzulässig, wenn dieselben überwölbt oder mit fester Balkendecke versehen sind.

An jedem Dampfkessel, welcher unter Räumen, in welchen Menschen sich aufzuhalten pflegen, aufgestellt wird, muß die Feuerung so eingerichtet sein, daß die Einwirkung des Feuers auf den Kessel sofort gehemmt werden kann.

Dampfkessel, welche aus Siederöhren von weniger als zehn Centimeter Weite bestehen, und solche, welche in Bergwerken unterirdisch oder in Schiffen aufgestellt werden, unterliegen diesen Bestimmungen nicht.

§ 15. Zwischen dem Mauerwerk, welches den Feuerraum und die Feuerzüge feststehender Dampfkessel einschließt und den dasselbe umgebenden Wänden muß ein Zwischenraum von mindestens acht Centimeter verbleiben, welcher oben abgedeckt und an den Enden verschlossen werden darf.

#### V. Bewegliche Dampfkessel (Lokomobilen).

§ 16. Bei jedem Dampfentwickler, welcher als beweglicher Dampfkessel (Lokomobile) zum Betriebe an wechselnden Betriebsstätten benutzt werden soll, müssen sich befinden:

1. Eine Ausfertigung der Urkunde über seine Genehmigung, welche die Angaben des Fabrikbildes (§ 10) enthält und mit einer Beschreibung und maßstäblichen Zeichnung, dem Prüfungszeugniß (§ 11 Absatz 4), der im § 24 Absatz 3 der Gewerbeordnung vorgeschriebenen Bescheinigung und einem Vermerk über die zulässige Belastung der Sicherheitsventile verbunden ist.
2. Ein Revisionsbuch, welches die Angaben des Fabrikbildes (§ 10) enthält. Die Bescheinigungen über die Vornahme der im § 12 vorgeschriebenen Prüfungen und der periodischen Untersuchungen müssen in das Revisionsbuch eingetragen oder demselben beigelegt sein.

Die Genehmigungsurkunde und das Revisionsbuch sind an der Betriebsstätte des Kessels aufzubewahren und jedem zur Aufsicht zuständigen Beamten oder Sachverständigen auf Verlangen vorzulegen.

§ 17. Als bewegliche Dampfkessel dürfen nur solche Dampfentwickler betrieben werden, zu deren Aufstellung und Inbetriebnahme die Herstellung von Mauerwerk, welches den Kessel umgiebt, nicht erforderlich ist.

§ 18. Die Bestimmungen der §§ 16 und 17 treten außer Anwendung, wenn ein beweglicher Dampfkessel an einem Betriebsorte zu dauernder Benutzung aufgestellt wird.

## VI. Dampfschiffskessel.

§ 19. Die Bestimmungen des § 16 finden auf jeden mit einem Schiffe dauernd verbundenen Dampfkessel (Dampfschiffskessel) mit der Maßgabe Anwendung, daß die vorgeschriebene maßstäbliche Zeichnung sich auf den Schiffstheil, an welchem der Kessel eingebaut oder aufgestellt ist, zu erstrecken hat.

## VII. Allgemeine Bestimmungen.

§ 20. Wenn Dampfkesselanlagen, die sich zur Zeit bereits im Betriebe befinden, den vorstehenden Bestimmungen aber nicht entsprechen, eine Veränderung der Betriebsstätte erfahren sollen, so kann bei deren Genehmigung eine Abänderung in dem Bau der Kessel nach Maßgabe der §§ 1 und 2 nicht gefordert werden. Im Uebrigen finden die vorstehenden Bestimmungen auch für solche Fälle Anwendung, jedoch mit der Maßgabe, daß für Lokomobilen und Dampfschiffskessel den Vorschriften in den §§ 10, 11, 16 bis zum 1. Januar 1892 zu entsprechen ist.

§ 21. Die Centralbehörden der einzelnen Bundesstaaten sind befugt, in einzelnen Fällen von der Beachtung der vorstehenden Bestimmungen zu entbinden.

§ 22. Die vorstehenden Bestimmungen finden keine Anwendung:

1. auf Kochgefäße, in welchen mittelst Dampfes, der einem anderweitigen Dampfsentwickler entnommen ist, gekocht wird;
2. auf Dampfüberhitzer oder Behälter, in welchen Dampf, der einem anderweitigen Dampfsentwickler entnommen ist, durch Einwirkung von Feuer besonders erhitzt wird;
3. auf Kochkessel, in welchen Dampf aus Wasser durch Einwirkung von Feuer erzeugt wird, wofern dieselben mit der Atmosphäre durch ein unverschließbares, in den Wasserraum hinabreichendes Standrohr von nicht über fünf Meter Höhe und mindestens acht Centimeter Weite oder durch eine andere von der Centralbehörde des Bundesstaates genehmigte Sicherheitsvorrichtung verbunden sind.

§ 23. In Bezug auf die Kessel in Eisenbahnlokomotiven bleiben die Bestimmungen des Bahnpolizei-Reglements für die Eisenbahnen Deutschlands in der Fassung vom 30. November 1885 und der Bahnordnung für deutsche Eisenbahnen untergeordneter Bedeutung vom 12. Juni 1878 in Geltung.

§ 24. Die Bekanntmachung, betreffend allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln, vom 29. Mai 1871 (Reichs-Gesetzbl. S. 122) und die diese Bekanntmachung abändernden Bekanntmachungen vom 18. Juli 1883 (Reichs-Gesetzbl. S. 245) und vom 27. Juli 1889 (Reichs-Gesetzbl. S. 173) werden aufgehoben.

Berlin, den 5. August 1890.

### Der Reichskanzler.

In Vertretung:

von Boetticher.

## Sachregister.

	Seite		Seite
Abblasen . . . . .	245	Brennmaterialschicht . . . . .	34
Abdampfinjektor . . . . .	210	— Höhe . . . . .	35. 41. 44
Abnahmeuntersuchung . . . . .	238	Calorie f. Wärmeeinheit.	
Abshlacken . . . . .	44	Cylinderkessel . . . . .	60. 132
Absperrventile, Absperrvorrichtungen . . . . .	224. 227	Dämpfe . . . . .	3
Aggregatzustand f. Körperzustand.		Dampf, gesättigter . . . . .	14
Anheizen . . . . .	129	— Gewicht . . . . .	13
Asche . . . . .	20	— Kosten, Preis . . . . .	58
Aschenfall, Aschenraum . . . . .	79. 82	— Rauminhalt . . . . .	13
Atmosphäre . . . . .	11. 259	— Sättigung . . . . .	15
Aufsichtsbeamte . . . . .	74. 116. 237. 250	— trockener . . . . .	128
Aufstellung der Dampfkessel . . . . .	236. 259	— überhitzter . . . . .	14. 16
Auftrieb . . . . .	56	— ungesättigter, f. überhitzter.	
Ausdehnung der Körper . . . . .	3	— Wärme . . . . .	13
Ausrüstung der Dampfkessel . . . . .	169. 257	— Wassergehalt . . . . .	128
— Befestigung der Ausrüstung . . . . .	230	Dampfdom . . . . .	129
Barometer . . . . .	9	Dampfdruck . . . . .	11. 54
Bau der Dampfkessel . . . . .	65. 256	— gleichmäßiger . . . . .	127
Bauchventil . . . . .	227	Dampferzeugung . . . . .	48. 127
Befestigung der Ausrüstung . . . . .	230	Dampfkessel . . . . .	48
— der Heizröhren . . . . .	73	— Aufstellung . . . . .	236. 259
Beimengungen des Wassers . . . . .	244	— Ausrüstung . . . . .	169. 257
Beschaffung eines Dampfkessels . . . . .	231	— Bau . . . . .	65. 256
Betrieb, regelmäßiger . . . . .	240	— Beschaffung . . . . .	231
— plötzliche Unterbrechungen . . . . .	251	— bewegliche . . . . .	161. 260
Blasrohreinrichtung . . . . .	123	— Erfordernisse . . . . .	127
Blechstärken . . . . .	62	— feststehende . . . . .	132
Böden, Versteifung . . . . .	67	— Form . . . . .	61
Braunkohle . . . . .	18	— gebrauchte . . . . .	236
Brennmaterial . . . . .	18	— Gewicht . . . . .	131
— entgastes . . . . .	29	— halbbewegliche . . . . .	156
— frisches . . . . .	28	— Inbetriebsetzung . . . . .	240
— geeignetestes . . . . .	57	— Konstruktionsprüfung . . . . .	74
— Heizkraft . . . . .	31. 57	— Lagerung . . . . .	118
— Stückgröße . . . . .	33	— Material . . . . .	61
— Wassergehalt . . . . .	56	— Neigung . . . . .	119
— Zuführung . . . . .	41	— Prüfung . . . . .	74. 258
— Zusammensetzung . . . . .	20	— Raumbedarf . . . . .	131
		— regelmäßiger Betrieb . . . . .	240

	Seite		Seite
Dampfkessel, Reinigung . . . . .	131. 249	Feuerung von Cario . . . . .	109
— Wandstärken . . . . .	62	— = Donneley . . . . .	107
— zusammengesetzte . . . . .	147	— = Duméry . . . . .	109
Dampfkesselerplosionen . . . . .	130. 252	— = Fairbairn . . . . .	95
Dampfpfeifen . . . . .	228	— = Fränkel u. Co. . . . .	109
Dampfpumpen . . . . .	202	— = Haage . . . . .	109
Dampfschiffskessel . . . . .	261	— = Heiser . . . . .	109
Dampfspannung . . . . .	11. 54	— = Kuhn . . . . .	104
Dampfstrahlgebläse . . . . .	124	— = Langen . . . . .	97
Dampfstrahlpumpe s. Injektor.		— = Leach . . . . .	96
Dampfüberhitzer . . . . .	118. 168	— = Schultz . . . . .	105
Decken des Feuers . . . . .	243	— = Smith . . . . .	98
Dichtungen . . . . .	230	— = Tenbrink . . . . .	100. 102
Doppelrost . . . . .	95	— = Völcker . . . . .	104
Druck, Messung . . . . .	10	— = Wilmsmann . . . . .	104
Druckmesser s. a. Manometer	181. 258	Feuerungsanlage, Feuerungsein-	
Druckprobe . . . . .	74. 258	richtung . . . . .	76
Eckventil . . . . .	227	Feuerzüge . . . . .	49. 113. 256
Eigenschaften des Heizers . . . . .	238	— Herstellung . . . . .	115
Einfluß des Luftüberschusses . . . . .	24	— Höhe . . . . .	116
Eispunkt . . . . .	4	— Querschnitt . . . . .	49. 113
Elemente . . . . .	19	Feldröhren . . . . .	158
Entzündungstemperatur . . . . .	21	Flamme, einhüllende . . . . .	99. 104. 109
Erhöhung der Temperatur . . . . .	3. 5	— rückkehrende . . . . .	99. 100
Erfordernisse der Dampfkessel . . . . .	127	— vorgehende . . . . .	99. 109
— des Feuerraumes . . . . .	80	Flammenrohre, Versteifung . . . . .	69
Essenschieber . . . . .	120	Flammenrohrkessel . . . . .	60. 139
Explosionen . . . . .	130. 252	Flüssigkeitswärme . . . . .	13
— Ursachen . . . . .	252	Flußeißen . . . . .	61
Fabrik Schild . . . . .	74. 258	Form der Dampfkessel . . . . .	61
Federbelastung der Sicherheits-		— des Feuerraumes . . . . .	76
ventile . . . . .	192	Fuchs . . . . .	120
Federmanometer . . . . .	182. 185	Gallowahröhren . . . . .	71
Federwaage . . . . .	194	Gas . . . . .	3
Feuer, Decken . . . . .	243	Gasfeuerungen . . . . .	110
Feuerbrücke . . . . .	82. 115	Gefäßmanometer . . . . .	182
Feuerbüchse, Versteifung . . . . .	68	Gegenstrom . . . . .	51
Feuerbüchsenkessel mit Heizröhren	159	Genehmigung, behördliche . . . . .	237
— mit Siederöhren . . . . .	157	Generator . . . . .	110
Feuer gas e . . . . .	21. 28	Gesamtwärme . . . . .	13
Feuerkiste, Versteifung . . . . .	68	Gewerbeinspektoren s. Aufsichts-	
Feuerraum, Erfordernisse . . . . .	80	beamte.	
— Form . . . . .	76	Gewicht der Dampfkessel . . . . .	131
— Größe . . . . .	77	— des Dampfes . . . . .	13
— Höhe . . . . .	78. 84. 91	Gewichtsbelastung der Sicher-	
Feuerung, mechanische . . . . .	95. 98. 100	heitsventile . . . . .	190
— rauchfreie . . . . .	93	Glockenpfeifen . . . . .	228
— von Adam . . . . .	100	Größe des Feuerraumes . . . . .	77
— = Bunte, Dr., und		Großwasserraumkessel . . . . .	128
Gyßling . . . . .	104	Gußeißen . . . . .	61. 256
		Sandspeisepumpe . . . . .	202



	Seite		Seite
Hauptsatz der Verbrennung . . . . .	27	Rohlenprämiën . . . . .	47
Hebermanometer . . . . .	183	Rohlensäure . . . . .	22
Heizen, Regeln für das sparsame . . . . .	45	Rohlenstoff . . . . .	20
— Regeln für das rauch-		Rohlenwasserstoffe . . . . .	28
freie . . . . .	85. 92	Rohs . . . . .	19
Heizer, persönliche Eigenschaften . . . . .	238	Kolbenspeisepumpe . . . . .	199
Heizfläche . . . . .	48	Konstruktionsprüfung . . . . .	74
Heizgase . . . . .	21. 28	Kosten des Dampfes . . . . .	58
Heizkanäle s. Feuerzüge.		Kupfer . . . . .	61
Heizkraft des Brennmaterials . . . . .	31. 57	Wärmvorrichtungen . . . . .	221
Heizröhren, Befestigung . . . . .	73	Lagerung der Dampfkessel . . . . .	118
Heizröhrenkessel . . . . .	144	Licht . . . . .	2
Helixrost . . . . .	98	Lokomobilkessel (s. a. bewegliche	
Herstellung der Feuerzüge . . . . .	115	Dampfkessel) . . . . .	163
— des Mauerwerkes . . . . .	115	— Wolf'sche . . . . .	163
— des Schornsteines . . . . .	122	Lokomotiven, feuerlose . . . . .	15
Hilfsvorrichtungen . . . . .	224	Lokomotivkessel . . . . .	161
Höhe des Feuerraumes . . . . .	78. 84. 91	Luft . . . . .	21
— der Feuerzüge . . . . .	116	— sekundäre . . . . .	94
— des Schornsteines . . . . .	121	Luftdruck . . . . .	8
Holz . . . . .	19	Luftmenge, theoretisch erforder-	
Hubzähler . . . . .	226	liche . . . . .	23. 57
Inbetriebsetzung eines Dampf-		Luftüberschuß . . . . .	24
kessels . . . . .	240	— Einfluß . . . . .	24
Injektor . . . . .	203	Mannlöcher . . . . .	229
— Abdampf- . . . . .	208	Manometer . . . . .	181. 258
— Friedmann'scher . . . . .	210	Maschinenspeisepumpe . . . . .	202
— Giffard'scher . . . . .	204	Material der Dampfkessel . . . . .	61
— Körting'scher Universal- . . . . .	205	Mauerwerk, Herstellung . . . . .	115
— Kraus'scher . . . . .	210	— Verankerung . . . . .	119
— nichtsaugende . . . . .	210	Messing . . . . .	62. 256
— saugende . . . . .	204	Messung des Druckes . . . . .	10
— Schau'scher . . . . .	210	— des Speisewassers . . . . .	226
— Restarting- . . . . .	208	— der Temperatur . . . . .	3
Innenfeuerung . . . . .	76. 79	— der Wärmemenge . . . . .	5
Kesselbesitzer, Pflichten . . . . .	250	Metallthermometer . . . . .	5
Kesselhaus, Kesselraum . . . . .	236	Maßmachen der Kohlen . . . . .	56
Kesselstein . . . . .	245	Nebelhörner . . . . .	228
— Unschädlichmachung . . . . .	245	Neigung der Dampfkessel . . . . .	119
Kesselsteinmittel . . . . .	246	Nietung . . . . .	64
Kettenrost . . . . .	100	Oberzug . . . . .	117
Kochkessel . . . . .	237	Pflichten des Kesselbesitzers . . . . .	250
Körper, Ausdehnung . . . . .	3	Planrost . . . . .	77
Körperzustand . . . . .	3	— der umgekehrte . . . . .	97
— Aenderung . . . . .	6	Planrostfeuerung . . . . .	81
Kofferkessel . . . . .	59	Plattenfedermanometer . . . . .	186
Kohlen, Maßmachen . . . . .	56	Preis des Dampfes . . . . .	58
Kohlenoxydgas . . . . .	21. 22		

	Seite		Seite
Probirhähne . . . . .	170.	257	
Prüfung der Dampfkessel . . . . .	74.	258	
Puffer . . . . .	124		
Pyrometer . . . . .	5		
Quecksilbermanometer . . . . .	182		
Querschnitt der Feuerzüge . . . . .	49.	113	
— des Schornsteines . . . . .	121		
Rauch . . . . .	29		
Raumbedarf der Dampfkessel . . . . .	131		
Rauminhalt . . . . .	3		
— des Dampfes . . . . .	13		
Regeln f. d. Heizen f. Heizen.			
Reinigung der Dampfkessel 131. . . . .	249		
— des Wassers . . . . .	247		
Reinigungsöffnungen . . . . .	229		
Restarting-Injektor . . . . .	208		
retour d'eau f. Rücklaufvorrichtung.			
Röhren, Field- . . . . .	158		
— Galloway- . . . . .	71		
Röhrenfedermanometer . . . . .	185		
Rost . . . . .	27		
Rostfläche, freie . . . . .	77. 84.	91	
— totale . . . . .	77. 84.	91	
Rostspalten . . . . .	82.	91	
Roststäbe . . . . .	81. 83. 89.	91	
Rücklaufvorrichtung . . . . .	198		
Ruß . . . . .	29		
Sättigung des Dampfes . . . . .	15		
Sauerstoff . . . . .	21		
Schiffskessel . . . . .	165.	261	
Schlacke . . . . .	21		
Schmelzpunkt . . . . .	4		
Schmelzwärme . . . . .	7		
Schmiedeeisen . . . . .	61		
Schneckenrost . . . . .	105		
Schornstein, Herstellung . . . . .	122		
— Höhe . . . . .	121		
— Querschnitt . . . . .	121		
— Wirkungsweise . . . . .	55		
— Zugkraft . . . . .	55		
Schornsteingase . . . . .	31		
Schornsteinverlust . . . . .	55		
Schüren . . . . .	44		
Schutz gegen Wärmeverluste 118. . . . .	119		
Schwefel . . . . .	21		
Schweißisen . . . . .	61		
Schwimmerzeiger . . . . .	179		
— Amphlett'scher . . . . .	180		
Schwimmerzeiger, magnetischer . . . . .	181		
Seitenzüge . . . . .	114		
Sicherheitsventil . . . . .	188.	257	
— mit Federbelastung . . . . .	192		
— = Gewichtsbelastung . . . . .	190		
— offenliegende . . . . .	191		
— verdecktliegende . . . . .	191		
— Weite . . . . .	189		
Sicherheitsvorrichtungen, gesetzliche	169		
— sonstige . . . . .	219		
— Schwarzkopff'sche . . . . .	221		
Sieden . . . . .	7		
Siedepunkt . . . . .	4		
Siedepunktabelle . . . . .	12		
Siederohrkessel . . . . .	60.	135	
Siedetemperatur . . . . .	8		
Speisepumpe f. Kolbenspeisepumpe.			
Speiserohre . . . . .	219		
Speiserufer . . . . .	219		
— Black'scher . . . . .	220		
Speiseventil . . . . .	217.	257	
— Scholl'sches . . . . .	225		
Speisevorrichtung . . . . .	197.	257	
— Cohnfeld'sche . . . . .	211		
— selbstthätige . . . . .	210		
Speisewasser, Messung . . . . .	226		
Speisewasser-Vorwärmer . . . . .	225		
Stahl . . . . .	61		
Stehbolzen . . . . .	68		
Steinkohle . . . . .	18		
Stickstoff . . . . .	21		
Stückgröße des Brennmaterials . . . . .	33		
Stufenrost, Langen'scher . . . . .	97		
— Münchener . . . . .	104		
Temperatur . . . . .	1		
— Erhöhung . . . . .	3. 5		
— Messung . . . . .	3		
Thermometer . . . . .	3		
— Metall- . . . . .	5		
Torf . . . . .	19		
Transmissionspumpen . . . . .	202		
Treppenrost . . . . .	77		
Treppenrostfeuerung . . . . .	88		
Ueberdruck . . . . .	11		
Ueberhitzer . . . . .	118.	168	
Ueberkochen . . . . .	15		
Universal-Injektor . . . . .	205		
Unschädlichmachung des Kessel- steines . . . . .	245		

Sachregister.

	Seite		Seite
Unterbrechungen, plötzliche, des Betriebes . . . . .	251	Wandstärken der Dampfkessel . . . . .	62
Unterfeuerung . . . . .	76. 79	Wasser . . . . .	7. 22
Ursachen der Explosionen . . . . .	252	— Beimengungen . . . . .	244
Urstoffe s. Elemente.		— hartes . . . . .	244
<b>Ventilatoren</b> . . . . .	125	— Reinigung . . . . .	247
Verankerung der Böden . . . . .	67	— saures . . . . .	244
— des Mauerwerkes . . . . .	119	Wasserabscheider . . . . .	152
Verbrennung . . . . .	21	Wasserdampf . . . . .	14. 22
— Hauptsatz . . . . .	27	Wasserdampftabelle . . . . .	13
— unvollständige . . . . .	22	Wassergehalt des Brennmaterials . . . . .	56
— vollständige . . . . .	22	— des Dampfes . . . . .	128
Verbrennungsgase . . . . .	21. 28	Wassermesser . . . . .	227
Verbrennungstemperatur . . . . .	25	Wasserröhrenkessel . . . . .	150
Verbrennungswärme . . . . .	22	— von Alban . . . . .	150
Verdampfung, theoretische . . . . .	56. 57	— = Belleville . . . . .	150
— wirkliche . . . . .	57	— = Breda u. Co. . . . .	155
Verdampfungswärme . . . . .	13	— = Büttner u. Co. . . . .	155
Verdampfungsziffer . . . . .	57	— = Dürr u. Co. . . . .	155
Verdunstung . . . . .	8	— = Koot . . . . .	150
Verstärkungsringe . . . . .	66	— = Kost u. Co. . . . .	155
Versteifung der Böden . . . . .	67	— = Schmidt . . . . .	155
— der Feuerbüchse . . . . .	68	— = Steinmüller . . . . .	153
— = Feuerkiste . . . . .	68	— = Walther u. Co. . . . .	151
— = Flammenrohre . . . . .	69	Wasserstand . . . . .	116. 129. 170
Verstemmen . . . . .	64	Wasserstandsglas . . . . .	172. 257
Volumen s. Rauminhalt.		Wasserstandsmarke . . . . .	174. 257
Vorfeuerung . . . . .	76. 79	Wasserstandszeiger . . . . .	170
Vorwärmer . . . . .	225	— Schwadt'scher . . . . .	177
<b>Wärme, des Dampfes</b> . . . . .	13	Wasserstoff . . . . .	20
— gebundene . . . . .	13	— freier . . . . .	31
— latente s. gebundene.		— gebundener . . . . .	31
— leitende . . . . .	2	Wehrfeuerung . . . . .	104
— Messung . . . . .	5	Weite der Sicherheitsventile . . . . .	189
— spezifische . . . . .	6	Wellfeuerrohr . . . . .	72
— strahlende . . . . .	2	Wesen der Wärme . . . . .	1
— Wesen . . . . .	1	Wettheizversuch . . . . .	47
— Wirkungen . . . . .	3	Wirkungen der Wärme . . . . .	3
Wärmeeinheit . . . . .	5	Wirkungsweise des Schornsteines . . . . .	55
Wärmequellen . . . . .	3	<b>Züge s. Feuerzüge.</b>	
Wärmeschutzmasse . . . . .	119	Zuführung des Brennmaterials . . . . .	41
Wärmeverluste . . . . .	55	Zugerzeugung, künstliche . . . . .	55. 123
— Schutz gegen . . . . .	118. 119	Zugkraft des Schornsteines . . . . .	55
Walzenkessel . . . . .	60. 132	Zusammensetzung des Brennmaterials . . . . .	20
		Zustände, gefährliche . . . . .	251

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

---

## Die Steuerungen der Dampfmaschinen.

Von

**Emil Blaha**

Professor an der k. k. Staatsgewerbeschule zu Reichenberg i. B.

Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage.

*Mit 274 Figuren auf 34 lithographirten Tafeln.*

In Leinwand geb. Preis M. 10,—.

---

## Die Pumpen.

Berechnung und Ausführung der für die Förderung von Flüssigkeiten gebräuchlichen Maschinen.

Von

**Konrad Hartmann**

Docent für Maschinenbau an der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin.

*Mit 585 Textfiguren und 6 Tafeln.*

In Leinwand geb. Preis M. 16,—.

---

## Die Kraftmaschinen des Kleingewerbes.

Von

**J. O. Knoke**

Ingenieur.

*Mit 294 in den Text gedruckten Figuren.*

In Leinwand geb. Preis M. 10,—.

---

Fehland's

## Ingenieur-Kalender.

Für Maschinen- und Hütten-Ingenieure

herausgegeben von

**Th. Beckert**

und

**A. Polster**

Hütteningenieur und Direktor der Rhein.- Westfäl. Hüttenschule in Duisburg.

Direktor der Lausitzer Maschinenfabrik in Bautzen i. S.

**In zwei Theilen.**

Mit zahlreichen Holzschnitten und einer Eisenbahnkarte.

I. Theil in Leder mit Klappe. — II. Theil (Beilage) geh. Preis zus. M. 3,—.

Briefaschen-Ausgabe mit Ledertaschen etc. Preis M. 4,—.

*(Erscheint alljährlich.)*

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

125







